TRAITE ELEMENTAIRE DES CHEMINS DE FER PAR AUG. PERDONNET





TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

PAR

AUG. PERDONNET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ANCIEN PROFESSEUR DE CETTE ÉCOLE
ANCIEN INGÉNIEUR EN CHEF DE PLUSIEURS CHEMINS DE FER
ADMINISTRATEUR DÉLÉGUÉ DES CHEMINS DE FER DE L'EST DE LA FRANCE, ADMINISTRATEUR DU CHEMIN DE FER
DE L'OUEST DE LA SUISSE, MEMBRE DU COMITÉ MIXTE DU CHEMIN DE FER GUILLAUME-LUXEMBOURG
PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION POLYTECHNIQUE
MEMBRE DE LA COMMISSION IMPÉRIALE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE [illegible]

TROISIÈME ÉDITION

REVUE, CORRIGÉE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

TOME QUATRIÈME



PARIS

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

6, RUE DES SAINTS-PÈRES, ET PALAIS-ROYAL, 215

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.



P. SIMONS

Ingénieur des premiers chemins de fer Belges

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

PAR

AUG. PERDONNET

[illegible]

TROISIÈME ÉDITION

[illegible]

TOME QUATRIÈME

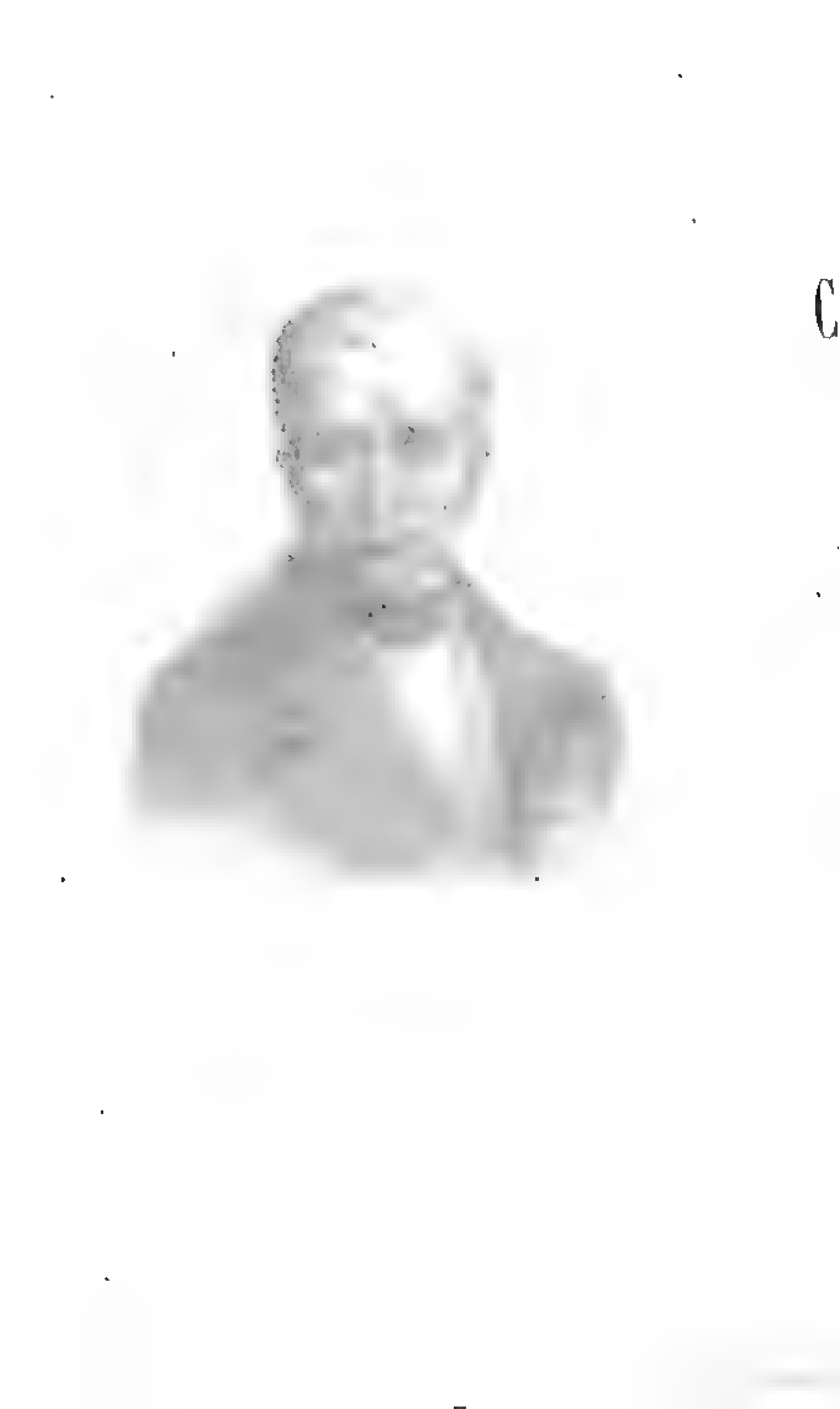
PARIS

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

[illegible]

186[illegible]

[illegible]



TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

PAR

AUG. PERDONNET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
DIRECTEUR DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ANCIEN PROFESSEUR A CETTE ÉCOLE
ANCIEN INGÉNIEUR EN CHEF DE PLUSIEURS CHEMINS DE FER
ADMINISTRATEUR DÉLÉGUÉ DES CHEMINS DE FER DE L'EST DE LA FRANCE, ADMINISTRATEUR DU CHEMIN DE FER DE L'OUEST DE LA SUISSE, MEMBRE DU COMITÉ MIXTE DU CHEMIN DE FER GUILLAUME-LUXEMBOURG
PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE
PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION POLYTECHNIQUE
MEMBRE DE LA COMMISSION IMPÉRIALE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867

TROISIÈME ÉDITION

REVUE, CORRIGÉE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

TOME QUATRIÈME

PARIS
GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS
6, RUE DES SAINTS-PÈRES, ET PALAIS-ROYAL, 215

1865

SIMONS (PIERRE)

ANCIEN INGÉNIEUR EN CHEF DIRECTEUR DES PREMIERS CHEMINS DE FER BELGES.

Nous avons placé en tête de notre premier volume le portrait de George Stephenson, le mineur anglais qui, avec Marc Séguin, a partagé l'honneur d'avoir inventé la locomotive tubulaire, et en tête du second le portrait de Marc Séguin.

La place faite à l'Angleterre et à la France, il était juste de la faire aussi à l'Allemagne et à la Belgique, ces deux pays qui ont fourni une page si glorieuse à l'histoire des chemins de fer.

Nous ne pouvions hésiter, en ce qui concerne l'Allemagne, à reproduire les traits de son plus ancien ingénieur de chemins de fer, à celui qui, après y avoir établi la première voie à locomotives, en a exécuté un si grand nombre avec une rare habileté. Pour la Belgique, nous avons éprouvé quelque embarras.

Les véritables créateurs du chemin de fer en Belgique ce sont le roi Léopold et M. Ch. Rogier. Nous ne serions pas accusés de courtisanerie en plaçant l'effigie de l'un ou de l'autre en tête de notre quatrième volume, car justice leur est universellement rendue. Un souverain, un premier ministre, ne pouvaient pas être humiliés de se trouver à côté d'un homme de génie tel que George Stephenson. Mais nous avons pensé qu'il ne nous appartenait pas, à nous modeste ingénieur, de prétendre honorer ces glorieux citoyens qui jouissent d'une si haute estime dans le monde entier, ces hommes auxquels un jour (loin de nous, je l'espère) la Belgique reconnaissante élèvera des statues, et nous avons cru qu'ils nous approuveraient de nous borner à rappeler les services que leur a rendus, comme auxiliaire, un homme dont le mérite n'avait d'égal que son extrême modestie.

Nous avons eu le bonheur de connaître Simons; il nous a accueilli avec une grande affabilité, lorsque, jeune encore, nous venions étudier ses travaux, et nous a donné de précieux conseils. Nous acquittons, par conséquent, une dette de reconnaissance tout en accomplissant un devoir.

Nous avons emprunté les détails qui suivent à une notice rédigée par M. Quetelet, membre de l'Académie royale de Belgique.

Simons est né en 1797. Il appartenait à cette classe d'hommes si nombreuse aujourd'hui qui ne doivent leur fortune qu'au travail, à l'énergie et au talent.

Né dans une condition modeste, débutant dans la carrière des travaux publics par l'emploi d'*aide temporaire*, il ne tarda pas à se distinguer par une aptitude toute particulière.

Dans un pays où les voies navigables jouent un si grand rôle, où il n'existait pas encore de chemins de fer, Simons eut à s'occuper d'abord de travaux de navigation, dont l'exécution mit ses talents en évidence.

Il n'avait pas atteint l'âge de trente ans que déjà il était ingénieur ordinaire de première classe et que le gouvernement des Pays-Bas, appréciant sa capacité, se proposait de l'adjoindre à une mission des plus importantes à l'étranger. Il s'agissait de réunir l'océan Atlantique à la mer Pacifique au moyen d'un canal. C'était une grande entreprise de nature, non-seulement à honorer le nom belge, mais encore à étendre les relations commerciales de la Belgique dans cette partie de l'Amérique.

La révolution de 1830, dit M. Quetelet, fit oublier cette grande entreprise, mais donna naissance à une autre non moins brillante et qui touchait plus directement aux intérêts matériels du pays. Le roi Léopold et M. Ch. Rogier avaient les premiers compris le rôle politique que les chemins de fer étaient appelés à jouer et tout le parti qu'ils pouvaient en tirer pour affermir une couronne encore chancelante. Ils entrevoyaient le moyen de fixer ainsi la position de ce peuple, petit par le nombre de ses habitants et par l'étendue de son territoire, mais devenu bientôt un grand peuple par l'excellence de ses institutions, la sagesse de son souverain et l'intelligence de ceux qui le composent. Le réseau belge fut dès ce

tivement arrêté dans leur pensée, et Simons fut appelé avec son beau-frère de Ridder à en faire les premières études.

Une incroyable activité, dit M. Quetelet, une grande facilité de conception et surtout l'habitude de diriger des entreprises, mirent en peu de temps le jeune ingénieur à même de présenter les plans des grandes voies de communication qui devaient unir les différentes parties de la Belgique entre elles et avec les pays voisins. Quand il fut question de soumettre aux Chambres le projet de loi relatif à ces travaux, il reçut une récompense flatteuse de son zèle et fut spécialement chargé de le défendre comme commissaire du gouvernement.

Un arrêté royal ne tarda pas à le charger de la direction des travaux du chemin de fer (31 juillet 1834). Un second arrêté, qui suivit de près celui-ci, le promut au grade d'ingénieur en chef de deuxième classe. Cet arrêté fut publié le 6 mai 1859, jour de l'inauguration du premier chemin de fer, celui de Bruxelles à Malines. Simons donna dans cette occasion un exemple bien remarquable de générosité et de véritable modestie.

Il avait eu connaissance que le gouvernement ne destinait de l'avancement qu'à lui seul; dès lors il crut devoir refuser un avantage que ne partagerait pas le compagnon de ses travaux et de ses succès. Il le fit avec une noble simplicité, mais en même temps avec cette fermeté qui prend sa source dans une profonde conviction.

En 1836, nouveau triomphe de notre jeune ingénieur. On ouvre le chemin de Malines à Anvers. Il fut nommé chevalier de l'ordre de Léopold, bientôt après officier, puis il reçut l'étoile de la Légion d'honneur.

L'Académie de Bruxelles se l'associa. Simons était donc comblé d'honneurs. Sa réputation était devenue européenne; mais souvent c'est au moment où l'homme semble n'avoir plus rien à désirer qu'il est frappé par l'adversité. M. Rogier, le protecteur de Simons, avait quitté le ministère des travaux publics. Son successeur n'eut pas pour Simons tous les égards qu'il méritait. Du moins Simons, tout modeste qu'il était, le pensa ainsi, et il refusa d'accepter un emploi qui ne lui paraissait pas en rapport avec les services qu'il avait rendus. Il fut mis en disponibilité. La Belgique tout en-

tière s'émut de cette mesure frappant un homme qui s'était fait remarquer par son zèle et sa rare probité autant que par son intelligence, mais le coup était porté. Simons était blessé au cœur. Il quitta la Belgique pour se rendre en Amérique comme directeur d'une compagnie qui avait formé le projet de consolider une colonie dans l'État de Guatemala, d'exploiter tout le pays et de le féconder par des voies de communication; mais il avait trop compté sur une santé déjà bien affaiblie par les veilles, les travaux de toute nature et les chagrins auxquels la mort de sa femme venait de mettre le comble. Quand arriva le moment du départ, il fallut le porter au vaisseau qui l'enleva pour toujours à sa patrie et à ses amis.

De ce moment son existence ne fut plus qu'une longue agonie, mais ce courage indomptable qui l'avait animé ne devait s'éteindre qu'avec son dernier souffle de vie. Il expira le 14 mai 1843, à bord de la goelette de l'État *la Louise-Marie*.

Ainsi mourut prématurément un ingénieur chez lequel on ne sait trop qu'admirer le plus, du talent, du dévouement ou du caractère.

Le 28 août 1859, M. Ch. Rogier, ministre de l'intérieur, le même qui, vingt-cinq ans auparavant, avait signé le rapport au roi qui proposait de charger MM. Simons et de Ridder de la rédaction du projet du premier chemin de fer belge, signait un nouveau rapport au même souverain pour lui soumettre un projet d'arrêté décidant que le buste de Pierre Simons serait exécuté aux frais de l'État et placé dans la principale station du chemin de fer à Bruxelles, sa ville natale.

L'arrêté approuvé par le roi Léopold lui fait honneur sans doute ainsi qu'à M. Rogier, car il est beau, il est grand pour un gouvernement de se montrer reconnaissant des services rendus au pays. Disons toutefois que le buste de Simons n'eût-il pas été placé dans la gare de Bruxelles, que le chemin de fer belge dans son entier n'en eût pas moins été un magnifique monument à la mémoire de celui qui en avait arrêté les bases, qui en avait posé le premier rail, et ajoutons que ceux qui, comme nous, ont blanchi au service des chemins de fer, ne mettront jamais les pieds dans un wagon belge sans que le souvenir de Pierre Simons, du savant, du bon, de l'excellent Pierre Simons, ne se présente à leur esprit.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

CHAPITRE XVIII

EXPOSITION DE LONDRES 1862

SECTION DES CHEMINS DE FER

L'exposition de Londres ne résumait qu'incomplétement les progrès faits dans l'art de construire les chemins de fer en 1862. Nous allons toutefois en retracer les principaux traits, et nous donnerons à la suite de cet exposé, comme documents, certaines pièces importantes renfermant des détails sur les parties les plus intéressantes de cette exposition.

Travaux d'art. — Les Anglais, comme modèles de travaux d'art, n'avaient exposé que des modèles d'ouvrages bien connus · tels que les ponts de Chepstow, Saltash, Victoria et Drogheda, et ceux d'ouvrages plus récemment exécutés, tels que le viaduc de Beelah (West-Moreland), et différents ponts et viaducs indiens.

Nous avons déjà parlé des premiers, nous n'avons donc que quelques mots à ajouter sur les derniers.

L'exposition française était plus riche que l'exposition anglaise, elle comprenait des modèles des ponts de Kehl et de Bordeaux, ainsi que des viaducs de Chaumont, Nogent-sur-Marne et Fribourg.

Ces différents ponts ou viaducs ayant déjà été l'objet de descriptions spéciales, nous nous bornerons à reproduire les ystème de levage du tablier du pont de Fribourg, dont nous n'avons pas encore parlé.

Les Allemands ont exposé des modèles du pont de Dirshau, du pont de Mayence et du pont sur l'Eipel; le pont de Mayence étant le seul dont nous ne nous soyons pas encore occupé, nous en exquisserons plus loin les principaux traits.

Procédés de levage du pont de Fribourg. — D'après M. Bommart (*Rapport au jury international*), la distance prise entre les parements extérieurs des culées est de 329 mètres. Il est divisé en sept travées de 48 mètres 80; sa hauteur est de 76 mètres. Les piles se composent d'un corps supérieur en métal, ayant une hauteur de 44 mètres, et d'une partie inférieure en maçonnerie. La partie métallique de chaque pile se compose : 1° d'un châssis en fonte, s'étendant sur toute la face supérieure de la maçonnerie; 2° de douze colonnes creuses en fonte, disposées sur trois files de quatre; 3° d'un entablement en fonte, emboîtant le sommet des colonnes; 4° de cours continus de croix de Saint-André en fer, encadrés dans chaque intervalle, et reliant de la base au sommet les quatre colonnes de la file intermédiaire entre elles et les quatre colonnes comprises dans la partie centrale des plans latéraux des piles, c'est-à-dire remplissant tous les intervalles, à l'exception de ceux compris dans les plans des faces; 5° de dix réseaux de croix de Saint-André en fer, formant chacun, de 4 mètres en 4 mètres, un contrevent horizontal, et reliant les sommets de chaque étage de tronçons des colonnes; 6° de lattis en losange couvrant les quatre faces extérieures des piles. Chaque culée est traversée par une arcade de 5 mètres d'ouverture, qui donne passage à une route desservant latéralement la vallée A l'intérieur de l'avant-corps se trouve un escalier qui, partant de la voûte, aboutit a une passerelle ménagée dans la partie inférieure du tablier, entre les poutres centrales. Cette passerelle offre aux piétons un moyen commode de passage d'une rive à l'autre de la vallée, et donne au service de l'entretien toutes facilités pour arriver aux diverses parties du tablier et des piles.

M. Bommart s'exprime de la manière suivante sur l'organisation

des chantiers pour le levage du pont : « Monter le tablier à terre, pour le glisser ensuite sur rouleaux d'une rive à l'autre. Le tablier une fois construit sur la rive gauche dans la longueur de trois travées, le faire avancer en porte-à-faux au delà de la culée, de toute la longueur d'une travée, et s'en servir, dans cette position, comme du bras d'une immense grue, de l'extrémité duquel descendraient successivement, pour être manœuvrés et mis à leur place définitive, tous les éléments de la partie métallique de la première pile. Puis, cette première pile élevée à hauteur, s'en servir comme point d'appui pour faire avancer le tablier d'une seconde longueur de travée ; construire alors la seconde pile, et établir successivement toutes les piles, de proche en proche, par le même procédé. » Telle est la pensée neuve et hardie conçue par les ingénieurs et constructeurs de ce pont. C'est au rapport de M. Bommart qu'il faut recourir pour étudier les combinaisons ingénieuses au moyen desquelles on l'a réalisée, combinaisons dues au génie de M. Mathieu, ancien élève de l'École centrale et ingénieur du Creusot, justement récompensé par le grade d'officier de la Légion d'honneur.

Il paraît constant que l'heureuse inspiration de faire du tablier du viaduc un appareil de levage pour la construction de la partie métallique des piles était venue à M. Durbach et s'était fait jour dans les conseils de la Compagnie du chemin de fer dès le début des opérations. Il y a lieu de croire, d'un autre côté, que cette ingénieuse pensée a été aussi conçue spontanément par M. Mathieu, qui se trouvait naturellement conduit à cet ordre d'idées par les combinaisons qu'il venait d'employer, à des époques toutes récentes, aux ponts de Brest et de Saint-Just. Ce qui est certain, c'est que cette pensée n'a pris un corps et n'est devenue un fait que grâce à la mission périlleuse que M. Mathieu s'est donnée de la réaliser, et aux habiles dispositions qu'il a prises à cet effet avec un plein succès.

Pont de Mayence (système Pauli). — Ce pont, construit pour la jonction des chemins de fer des deux rives du Rhin, comprend trente-deux travées métalliques, savoir : vingt-huit d'une ouverture qui varie de 15 à 34 mètres, destinées aux eaux d'inondations et servant d'abords, du côté de la rive gauche, au pont proprement dit, et quatre travées principales, franchissant le lit du

Rhin, de 101 mètres 30 cent. d'ouverture chacune. En y comprenant les épaisseurs des trente et une piles, la longueur totale du pont entre les culées extrêmes est de 1,028 mètres 60 cent.

La superstructure de chacune des grandes travées (les seules sur lesquelles l'attention ait à s'arrêter ici) présente, en projection verticale, un calque fidèle de la partie métallique des grandes travées du pont de Saltash ; à cela près que le tube unique, qui, dans le pont de Saltash, forme la pièce principale de la construction, est remplacé au pont de Mayence par deux arcs en tôle respectivement placés dans les plans des deux fermes de tête. A Saltash, il n'y a qu'une voie ; à Mayence, il y en a deux, portées par deux travées identiques juxtaposées comme au pont de Chepstow. De même qu'à Saltash les grandes travées sont sans liaisons de l'une à l'autre, et des dispositions ont été prises pour que les modifications déterminées dans la longueur des arcs par la variation de température ou de chargement ne puissent donner naissance à des surcroîts de tension nuisibles dans les arcs ou dans les longerons des fermes, ou à des tractions obliques capables de compromettre la solidité des supports. D'après une note consignée au catalogue particulier de l'exposition du *Zollverein*, les poids des métaux employés et les dépenses faites, y compris les frais d'échafaudage et de montage pour l'établissement des travées métalliques du pont de Mayence, se résument dans les chiffres suivants, pour une voie seulement :

Les quatre travées de 101m,50, ensemble.	1,450	tonnes.	1,072 250 fr.
Les six travées de 33m,50.	235	—	169,500
Les vingt-deux petites travées, dont deux de 25 mètres et vingt de 15 mètres, ensemble.	300	—	116,750

Le mètre courant de la superstructure à deux voies de chacune des grandes travées aurait donc employé 7,000 kilogrammes de métal, et coûté, au taux moyen de 75 centimes par kilogramme (prix des usines du Rhin), 5,250 fr.

Par son étendue, par les proportions et le mode de composition de ses grandes travées, et par le coût relativement peu élevé de la construction, cet ouvrage sort des conditions ordinaires. A en juger d'après le modèle, certains éléments de fermes ont un aspect grêle

qui, au premier abord, ne semble pas fait pour inspirer toute sécurité.

En supposant que cette impression persistât après un examen plus approfondi, il serait aisé de remédier à ce défaut, sans renoncer à la pensée mère du système, qui a été évidemment d'adopter les combinaisons générales des fermes de Saltash, en y remplaçant le tube par des dispositions équivalentes autant que possible, mais beaucoup moins dispendieuses. L'ingénieur et les constructeurs du pont, M. Pauli et MM. Klett et Cᵉ, reconnaissent qu'on a reproché à leurs fermes d'être trop légères, et d'opposer trop peu de masse aux chocs de la charge en circulation; mais, pour répondre à cette objection, ils font remarquer qu'il est facile, avec une moindre dépense, de donner à un pont de leur système une masse égale à celle de tout autre genre de pont métallique de même ouverture, en plaçant sous les rails une quantité suffisante de gravier.

Matériel fixe. — Efforts tentés pour augmenter la durée du métal. — L'exposition de Londres a démontré que, dans ces dernières années, aucun progrès d'une très-grande importance n'a eu lieu dans la construction du matériel fixe des chemins de fer. Le concours de 1862 témoigne seulement des efforts que l'on fait généralement pour augmenter la durée du métal des rails et des accessoires de la voie, durée qui, jusqu'à présent, s'est trouvée très-inférieure à celle sur laquelle avaient compté les ingénieurs de nos premiers chemins de fer.

M. Verdié (de Firminy) a exposé des échantillons de rails pour changements et croisements de voie obtenus par un procédé qui lui est particulier. Ce procédé consiste dans l'emploi d'une couverte en acier fondu coulée sur un paquet de rails ordinaires convenablement réchauffé. Les échantillons exposés paraissent bien soudés, et si les rails obtenus ainsi se comportent bien, ils présenteront sur ceux qui sont entièrement en acier fondu l'avantage d'une économie importante. Nous avons remarqué également des rails en acier puddlé, en acier fondu et en métal Bessemer.

Ces différentes espèces de rails en acier ou mélange d'acier et de fer sont plutôt employés pour les changements et croisements de voie que pour la voie courante. Toutefois on a posé des portions

de voie courante en acier Bessemer sur le chemin Great-Northern, et on se propose d'employer des rails en acier Verdié en Allemagne pour le passage du mont Brenner.

Modèles variés de voies. — Les Anglais ont exposé des modèles assez variés de voies de constructions diverses, les unes avec longerons en bois, d'autres avec cloches en fonte de formes diverses et traverses en fer. Ces systèmes de voie, malheureusement déjà essayés, ont tous été condamnés par la pratique, et en supposant que les cloches et plateaux de fonte fussent applicables en Angleterre, ils ne le seraient pas en France, où le métal est beaucoup plus cher.

On ne trouve en Angleterre aucune grande application de la voie Vignole, aujourd'hui presque exclusivement employée en Allemagne et sur quelques grands chemins français. Ce fait s'explique peut-être par la nature des traverses employées dans le premier de ces pays ; ces traverses étant en sapin ou en autres essences tendres, ne présenteraient probablement pas assez de résistance aux crampons ou tirefonds.

Pour le rail à double champignon, on voit à l'Exposition deux systèmes qui ont pour but d'éviter la déformation du champignon inférieur dans le coussinet, de façon à parer à l'un des inconvénient du retournement.

Dans l'un de ces systèmes (brevet Ordish), le rail est suspendu par les épaulements du champignon supérieur au moyen de deux coins en fonte disposés pour s'opposer au mouvement vertical du rail dans les deux sens. Il est à craindre que ces coins ne forment une sorte d'enclume sur laquelle le champignon supérieur vienne s'écraser.

Le coussinet Truss est un coussinet ordinaire dont la semelle est garnie, à sa partie supérieure, d'une petite fourrure en bois dur sur laquelle repose le rail, ce système est en expérience au Great Northern. Nous craignons que le bois, en se comprimant, ne devienne à la longue aussi dur que le métal.

Un autre fait plus important peut-être, c'est la suppression sur plusieurs lignes anglaises de l'évidement dans la base du coussinet et de l'élargissement de cette base. Cette modification apportée au

coussinet a pour objet de l'empêcher de pénétrer à la longue dans les traverses de bois tendre fréquemment employées en Angleterre. Il y aurait peut-être lieu de l'appliquer aussi à nos coussinets, bien qu'on se serve presque généralement en France de bois dur. La pénétration du coussinet même dans le bois dur est encore tellement sensible que l'on est obligé de rafraîchir fréquemment l'entaille dans laquelle le coussinet repose, en sorte qu'au bout d'un certain temps l'épaisseur de la traverse sous le support est considérablement réduite.

Système Mazilier. — M. Mazilier a exposé un modèle de voie à supports longitudinaux continus en fer. Nous en avons déjà parlé en traitant des nouveaux systèmes.

Éclissage. — L'amélioration de l'éclissage est une question qui préoccupe les ingénieurs anglais aussi bien que ceux du continent. Rien à cet égard, cependant, de réellement nouveau ou digne d'attention n'a été fait. Dans quelques-uns des modèles exposés, on a cherché à atténuer les inconvénients du joint en porte-à-faux, en prolongeant les éclisses jusqu'aux deux coussinets voisins avec lesquels elles s'assemblent. Ces dispositions sont peu pratiques, et nous paraissent inférieures au coussinet-éclisse employé en France.

On trouve en Angleterre des exemples de voies construites dans des conditions de solidité qui ne se rencontrent guère dans d'autres pays ; ainsi la voie du Great Northern est formée de rails à double champignon, pesant plus de 40 kilogrammes par mètre courant en barres de $6^{m},40$, reposant chacune sur huit coussinets en fonte à semelle pleine du poids de $15^{k},60$ la pièce ; les joints sont éclissés en porte-à-faux.

Influence du trafic et de la vitesse sur la durée des rails. — M. l'ingénieur des mines Lan, dans le rapport fait au gouvernement sur sa mission en Angleterre, mentionne des rails encore plus lourds (46 kil. par mètre) employés sur le chemin de London and North Western, et des écartements de traverse de 60 centimètres sur le chemin de Brighton. Si l'on établit les voies en Angleterre à grands frais avec autant de solidité, cela tient, suivant cet ingénieur, à la multiplicité des trains et aux grandes vitesses, qui nécessitent des machines lourdes et qui augmentent l'effet destructif des chocs.

Sur le chemin de Brighton on a reconnu que les rails ne duraient pas au delà de cinq ans. Toutefois les administrateurs de chemins de fer considèrent ces grandes vitesses comme avantageuses, parce que, à leurs yeux, c'est le seul moyen d'attirer le public ou de le conserver, et que, d'ailleurs, le rapport de la recette à la dépense ne s'en trouve pas diminué. En admettant que ce rapport reste invariable (ce dont nous doutons cependant, parce que nous manquons d'éléments pour vérifier les calculs, et que nous avons tout lieu de penser qu'on n'a pas fait entrer la réfection de la voie dans le calcul des frais d'exploitation), nous croyons que leur raisonnement, applicable à l'Angleterre, ne le serait pas à la France. Les vitesses doivent varier dans les différents pays et dans un même pays suivant les besoins et les habitudes de la population. Le profil du chemin doit entrer aussi en ligne de compte, et il n'y a que les théoriciens purs qui puissent songer à poser des règles générales à cet égard. Si donc en Angleterre les vitesses de marche des trains express atteignent jusqu'à 65 kilomètres par heure, en Allemagne, sur la plupart des chemins de fer, elle est bien inférieure. Il y a des chemins de fer où l'accroissement de vitesse des trains express n'augmenterait que de très-peu le nombre des voyageurs. Les compagnies du Nord et de Paris à la Méditerranée, au contraire, ont jugé avec raison qu'il convenait pour un petit nombre de leurs trains, de marcher à la vitesse des trains anglais ou à peu près.

Croisements en fonte. — Les croisements en fonte durcie, dont nous avons dit quelques mots précédemment, sont exposés par divers constructeurs allemands et français. Nous en avons vu quelques-uns à la gare Victoria et à celle du Great Northern, l'on nous a affirmé qu'ils étaient exclusivement employés sur toute la ligne. *Ces croisements en fonte nous paraissent appelés à recevoir une application prochaine en France, où l'on peut facilement se procurer les qualités de fonte qui conviennent pour cette fabrication.*

Croisements en acier fondu. — Les Anglais avaient exposé des croisements complets pouvant se retourner, composés du cœur de la plaque de support et des pattes de lièvre tout en acier fondu, et un cœur isolé en acier fondu pouvant être également retourné comme un rail à double champignon. Les croisements en acier

fondu essayés sur le même chemin ont paru trop mous. Peut-être l'acier n'avait-il pas été fabriqué avec toute la perfection désirable. Aux chemins de fer de l'Est nous avons été également peu satisfait des croisements en acier fondu, et au chemin de l'Ouest ils se sont médiocrement comportés. Ces croisements ne pouvant être martelés, il est difficile d'éviter les soufflures intérieures. Sur les chemins saxons, toutefois, on en fait usage, et ils donnent satisfaction. Peut-être sont-ils fabriqués en Allemagne par des procédés particuliers que nous ne connaissons pas.

Changements de voie. — Les changements de voie exposés par les Anglais avaient les aiguilles généralement plus courtes que celles de nos changements de voie, et ces aiguilles, au lieu de changer de position en tournant autour de boulons, étaient fixées à leurs extrémités par des éclisses qui fléchissaient latéralement lorsqu'on manœuvrait l'appareil. Ce système, du reste, a l'avantage de dispenser de l'emploi du boulon, susceptible de prendre du jeu, et un système analogue est déjà employé depuis quelque temps sur le chemin du Nord français ainsi que sur plusieurs chemins allemands. La faible longueur des aiguilles n'est pas un fait général ; nous avons trouvé sur le chemin Great Northern, à côté d'aiguilles de cette longueur, d'autres aiguilles presque aussi longues que les nôtres. Il est probable que l'on n'en fait usage que dans des conditions spéciales.

Dans les changements de construction récente on emploie des aiguilles à profil plein, qui présentent l'avantage de conserver une section plus forte après le rabotage ; au Great Northern, afin d'augmenter la résistance à l'extrémité effilée de l'aiguille, on a même abandonné le système Wild, et le rail fixe contre l'aiguille a été contre-coudé (système des chemins de fer français de Lyon et du Nord).

On voyait encore à l'Exposition quelques changements de voie du système Richardson, dont nous n'avons pas trouvé d'application sur les lignes que nous avons visitées, et qui est d'ailleurs trop connu pour que nous le décrivions ici.

Leviers et signaux d'aiguilles. — La Belgique avait exposé un système particulier de manœuvre d'aiguilles.

Dans cet appareil le levier du contre-poids, au lieu de tourner autour de la douille du levier de manœuvre, se meut sur un axe horizontal, et peut être arrêté par une goupille aux deux extrémités de sa course. Cette disposition est avantageuse pour les aiguilles, qui doivent être cadenassées.

Nous devons dire quelques mots d'un signal d'aiguille exposé par l'Autriche. Ce signal est un disque rouge à deux faces, qui se tourne à l'arrêt lorsque l'aiguille ouvre la voie de déviation. La nuit, ce disque est éclairé par une lanterne à double réflecteur placée à son centre; on a ainsi une lumière rouge diffuse qui ne peut-être confondue avec la lumière directe des signaux d'arrêt. Mais cet appareil n'indique pas d'une manière assez nette, pour certains cas, le sens de la voie ouverte.

Signaux fixes. — Les signaux exposés par l'Angleterre ne méritent aucune mention spéciale. Ce sont, en général, de grand mâts en fer ou en bois, portant à la partie supérieure une ou deux ailettes, selon le nombre des voies à couvrir, qu'on manœuvre du pied du mât (système Stevens). Un seul signal à distance, du même constructeur, est disposé pour compenser la dilatation des fils, mais la disposition en est inférieure à la plupart de celles adoptées en France.

Le signal qui nous a paru, seul, réellement digne de récompense est celui de M. Vignières, en usage à la jonction des chemins d'Argenteuil et de Saint-Germain.

Les Anglais font un grand emploi de signaux électriques. C'est dans un rapport de M. Lan sur les chemins de fer anglais [1] qu'il faut en étudier la disposition générale.

Nouvelle espèce de plaque tournante. — Les Anglais et les Belges ont apporté dans le mode de construction des plaques tournantes un perfectionnement qui offre un certain intérêt.

Ils ont supprimé dans les grandes plaques les transmissions par galets ou couronnes dentées; les rails sont alors portés sur des longerons en fer d'une grande rigidité. La plaque au repos est calée. Lorsqu'on veut l'employer, on mène la machine sur le plateau, de manière à la placer, autant que possible, en équilibre sur le pivot.

[1] *Annales des mines.*

On décale, et on opère le mouvement de rotation avec une grande facilité. Le pivot est disposé de manière à supporter la plaque près du niveau des rails, et à la laisser osciller très-librement sous la charge. On vient d'établir plusieurs plaques de ce genre sur le chemin du Nord. Nous en donnons une description complète plus plus loin.

Chariots. — On fait un grand usage, en Angleterre et en Allemagne, du chariot Dunn pour la manœuvre des wagons de voyageurs. L'inventeur en a exposé plusieurs qui diffèrent les uns des autres par quelques détails, mais qui reposent tous sur le même principe connu. Il s'est attaché particulièrement à diminuer la saillie au-dessus du niveau des rails, dans l'un de ses appareils, les longerons sont des cornières extérieures à la voie, de 0^m, 05 de côté ; ces cornières sont rivées sur une forte plaque de tôle renforcée à sa partie supérieure par un certain nombre de traverses en fer à simple T. Une autre disposition de ces nouveaux chariots consiste dans l'emploi de plans inclinés à contre-poids pour permettre au wagon de monter sur les rails du chariot.

Enfin, on a augmenté le diamètre des galets en les faisant marcher dans une rigole en contre-bas des rails des voies desservies, qui se trouvent ainsi interrompues sur 0^m,05; mais il est à craindre que cette rigole ne puisse être maintenue dans un état de propreté convenable.

Rails en Russie. — La Russie, la Pologne même, avaient exposé des rails, mais en petite quantité. Ces pays, riches en minerais, ne peuvent manquer d'étendre leur fabrication en matériel fixe, et un jour aussi, sans doute, ils fabriqueront eux-mêmes leur matériel roulant et leurs locomotives, qu'ils tirent aujourd'hui de l'étranger.

Exposition suisse. — La Suisse n'était pas représentée dans la classe v. C'est un pays riche cependant en chemins de fer, et qui possède sur certaines parties de son territoire (le Valais) de beaux minerais et d'excellents combustibles, très-propres à la fabrication du matériel fixe et roulant.

Exposition italienne. — L'Italie commence seulement à entrer dans la vie industrielle. Nul doute qu'elle n'y prenne plus tard une part importante.

Fabrication du matériel fixe des chemins de fer en Suède et en Espagne. — Nous avons remarqué avec plaisir à l'exposition de Londres des roues en fer, bandages, essieux et clous pour rails, exposés par la Suède et par l'Espagne.

« La Suède, suivant un de nos anciens élèves, qui est ingénieur au service du gouvernement suédois, ne possède pas les matériaux nécessaires pour fabriquer les rails ordinaires à bon marché. Elle a dû, par conséquent, les faire venir jusqu'à présent d'Angleterre. »

Sans doute la Suède ne peut fabriquer des rails à bon marché ; mais elle possède d'excellents minerais pour fabriquer à un prix modéré les rails aciérés si recherchés aujourd'hui pour l'établissement des changements et croisements de voie, et dont on commence même à faire usage pour la voie courante (Great Northern Railway). Nous ne serions pas étonné qu'elle pût en fournir les marchés étrangers avec avantage. La fabrication des roues en fer dur est un premier essai qui devra conduire à celle des rails aciérés.

Quant à ce qui est de l'Espagne, nous l'avons visitée il y a bien des années, nous savons que certaines de ses provinces sont très-riches en charbon de terre et en minerais, dont les gîtes sont placés dans les meilleures conditions d'exploitation ; nous croyons donc pouvoir affirmer que, dans un temps peu éloigné, lorsque les chemins de fer, à la construction desquels elle travaille avec tant d'activité, seront terminés, elle sera en mesure de fabriquer elle-même tous les rails et toutes les machines nécessaires à sa consommation. Nous avons été heureux, surtout de voir que le modèle de rail exposé venait d'Aviles, petit port des Asturies, où s'est formée, en 1830, d'après nos conseils, la première compagnie pour l'exploitation du charbon de terre en Espagne.

Matériel roulant. — En ce qui concerne le matériel roulant, les exposition belge et allemande indiquaient seules quelques progrès.

Nous avons déjà décrit celles des voitures exposées qui nous ont paru le plus dignes d'être mentionnées : la voiture mixte belge, la voiture-salon belge et la voiture prussienne.

Wagons de 1re classe des chemins égyptiens. — M. Wright de Birmingham avait aussi exposé une voiture de 1re classe pour l'Égypte, mais elle différait peu des voitures en usage depuis long-

temps. Elle n'offrait de particulier qu'un mode d'aérage au moyen d'une double impériale dans laquelle circulait une masse d'air pénétrant dans l'intérieur des caisses par des ventilateurs spéciaux. L'intérieur de cette voiture était garni en cuir blanc. L'extérieur était aussi de couleur blanche réchampie de rouge. Le châssis était composé de longerons en fer, de croix de Saint-André également en fer, et de traverses en bois et fer. Les roues étaient garnies d'un système particulier de bandages à griffes.

Voiture-salon anglaise. — Une voiture-salon anglaise sortie des ateliers de M. Ashbury, était montée sur deux paires de roues dont l'écartement était de $5^m,50$. Elle pesait à peu près 10,000 kilogr., et comme elle ne contenait que 18 voyageurs, le poids mort par voyageur était de 555 kilog. Elle était en bois de teck et décorée à l'intérieur comme à l'extérieur avec un grand luxe. Aux deux extrémités se trouvaient deux compartiments pouvant contenir chacun cinq personnes, et au milieu un compartiment donnant place à huit voyageurs. Entre les compartiments extrêmes et celui du milieu se trouvaient des water-closets. Le châssis était en teck aussi bien que le corps de la voiture. Sur l'impériale et au milieu du wagon, était un réservoir de 2 mètres de long, $2^m,50$ de largeur, et $0^m,25$ environ de hauteur, que l'on remplissait d'eau pour le service d'un water-closet et d'un cabinet de toilette.

Wagon-dortoir américain. — Les Américains avaient exposé un wagon-dortoir qui n'offrait rien de particulier que l'on pût imiter sur nos chemins de fer où le matériel est tout différent. Nous n'avons pu nous procurer aucun renseignement sur les dimensions, le poids et le prix de ce wagon.

Wagons à marchandises. — Nous n'avons remarqué à l'exposition de Londres aucun wagon à marchandises présentant des dispositions particulières dignes d'être mentionnées. Les Anglais ont exposé un wagon construit en 11 heures 20 minutes. Ce wagon qui, d'ailleurs, était très-lourd, ne prouvait rien, si ce n'est que l'usine où on l'avait fabriqué possédait un grand nombre d'ouvriers et un bon outillage.

Wagon citerne. — MM. Gargan et Ce, constructeurs à Paris, ont exposé un wagon hermétiquement fermé pour le transport des li-

quides. Le wagon appelé *wagon citerne*, est tout en tôle et surmonté d'une plate-forme semblable à celle des wagons plats à marchandises. Il présente donc ainsi le double avantage de pouvoir servir au transport des liquides ou des marchandises diverses.

L'intérieur en est disposé de manière à pouvoir être parfaitement nettoyé à l'eau ou à la vapeur.

Ces wagons peuvent être employés au transport des liquides alimentaires sans fatigue et sans déchet, au transport des eaux potables ou d'irrigations dans les localités où l'eau fait défaut, enfin au transport des engrais liquides.

Ce wagon, pesant moins de cinq tonnes, peut transporter 10 tonnes métriques et peut même servir de jauge pour les liquides transportés.

Plus de cinquante de ces wagons ont été livrés au vice-roi d'Égypte et sont employés au transport de l'eau potable aux populations du désert. Un certain nombre transportent sur le chemin de l'Est des engrais de Paris dans les départements.

Wagons pour le service des houillères. — Divers wagons pour le service des houillères ne nous ont pas paru s'écarter sensiblement des modèles en usage décrits dans l'ouvrage de M. Amédée Burat, intitulé : *Matériel des houillères*.

Boîtes à huile. — Les différents modèles de boîtes à huile exposés appartenaient généralement à l'exposition française. Nous les avons déjà décrits.

Freins. — Il en est de même des modèles de freins, à l'exception du frein Newall dont nous avons parlé dans le deuxième volume.

Roues. — Nous avons également décrits les roues en fer et celles en fonte, ainsi que les nouveaux modes d'assemblage des bandages adoptés par les Anglais.

Système pour établir la communication entre les voyageurs et le garde-frein. — On trouvait à l'exposition anglaise différents appareils plus ou moins simples ayant pour objet d'établir la communication entre les voyageurs et le garde-frein ou le mécanicien. Les directeurs des Compagnies en Angleterre, dit M. Lan dans un rapport sur l'exploitation du chemin de fer anglais, se préoccupent peu de résoudre cette question. Ils paraissent être unanimes pour

repousser cette idée, à cause des chances d'accident qu'entraineraient des actes provoqués inconsidérément et pour des motifs plus ou moins frivoles. En France, les directeurs de nos Compagnies interrogés par le gouvernement, ont répondu dans le même sens.

Chauffage des voitures. — On a beaucoup parlé de la nécessité de chauffer les voitures des trois classes. En Angleterre comme en France, on ne chauffe jamais les voitures de deuxième et de troisième classe. Quelquefois même, d'après M. Lan, on néglige de chauffer les premières. Les compagnies françaises ne demanderaient pas mieux que de chauffer les voitures de toutes classes si on leur en indiquait le moyen. Elles y trouveraient certainement leur avantage, car le surcroît de frais qui pourrait en résulter, serait amplement couvert par l'augmentation du nombre des voyageurs. Malheureusement aucun procédé réellement pratique n'a été découvert jusqu'à ce jour pour réaliser cette pensée. Les directeurs de Compagnies, lors de l'enquête, ont été unanimes sur ce point.

On se hâte en général beaucoup trop d'accuser les administrateurs, directeurs et ingénieurs en chef des Compagnies, d'être indifférents au bien-être ou à la sécurité du public. Leurs intérêts se confondent plus souvent qu'on ne le suppose avec ceux des voyageurs. Ainsi, s'agit-il de la sécurité : qui plus qu'eux est intéressé à rechercher et à employer toutes les précautions, tous les appareils capables de l'augmenter. Appelés par leurs fonctions à voyager fréquemment, ils sont, plus que ceux qui les condamnent, exposés aux accidents. Qui plus qu'eux également est capable d'étudier les mesures à prendre dans ce but ?

Lampe Dézélu et Guillot. — Ce système, exposé à Londres, se compose d'un injecteur portatif remplaçant le bidon actuellement en usage, et d'une lampe ordinaire n'ayant pour ouvertures extérieures communiquant au réservoir d'huile, que les conduits du bec au bassin du porte-mèche.

Pour effectuer le remplissage, il suffit de poser la lampe renversée sens dessus dessous sur l'injecteur, le bassin du porte-mèche emmanché sur la tige du piston, et d'exercer une pression de haut en bas sur le bec pour le faire descendre avec le piston. Par suite de cette pression, l'huile monte immédiatement dans l'intérieur de la

tige de ce piston; de là dans l'un des conduits du bec disposé à cet effet, et arrive dans le réservoir dont elle chasse l'air par le conduit opposé à celui de l'admission. Lorsque l'huile apparaît à son tour à ce même conduit, elle indique le complet remplissage de la lampe dont le trop plein retombe sur le dessus du bidon disposé pour le recevoir et retourne dans le réservoir principal, le corps du bidon.

Ce système a pour avantages sur les lampes employées actuellement : 1° de supprimer les obturateurs dont les branches des becs de ces lampes sont munies et que l'on est dans l'obligation de fermer au moment du remplissage ; 2° de supprimer les ouvertures pratiquées sur les réservoirs. Ces ouvertures étant susceptibles d'occasionner des rentrées d'air, ce qui cause l'extinction de la lumière et aussi des dégagements d'huile dans les coupes par le bassin du porte-mèche, 3° de forcer, par son principe même, sans le secours des employés chargés du soin des lampes, l'évacuation de l'huile coagulée dans les communications du bec et dans le réservoir, ou tout au moins à son mélange avec le nouveau liquide introduit; ce qui a pour but d'empêcher les mèches de charbonner aussi promptement; 4° de supprimer le remplissage à la burette qui est une cause de perte d'huile et de temps par l'incertitude où l'on est du complet remplissage du réservoir, résultat auquel on n'arrive avec ce mode que par tâtonnements; 5° d'éviter les dégagements d'huile, qui sont dus à la dilatation, par une combinaison particulière du bec et qui consiste en un petit bassin réservé à la partie supérieure recevant l'huile à son dégagement, et lui permettant d'opérer son retour à mesure du refroidissement de la lampe.

Exposition des locomotives anglaises. — Les machines exposées par les Anglais sont, pour la plupart, destinées à remorquer, sur des chemins à courbes de grand rayon et à faibles pentes, des trains de voyageurs à grande vitesse, des trains omnibus ou des trains de marchandises médiocrement chargés à des vitesses moins grandes, mais qui dépassent toujours notablement celles de nos trains de marchandises. Toutes ces machines sont en usage, depuis plusieurs années, sur les grandes lignes de l'Angleterre. Nos voisins n'ont fait aucun effort d'imagination, du moins en ce qui concerne le matériel des chemins de fer, pour briller à l'exposi-

tion. Si on considère les machines locomotives anglaises dans leur ensemble, on trouve qu'elles se distinguent par la perfection de leur exécution, ainsi que par la simplicité et l'uniformité des organes. Certaines Compagnies (suivant M. Gaudry, inspecteur du matériel au chemin de fer de l'Est, envoyé en mission pour visiter les chemins de fer anglais) tendent même à n'avoir qu'un seul type de machines.

Les Anglais font fréquemment usage du bouilleur dans le foyer et du balancier compensateur pour la suspension. Ils ne craignent pas de travailler à de très-hautes pressions; ils règlent le tirage à l'aide du cendrier, en variant l'aspiration; jamais, comme en France, au moyen de l'échappement variable. Dans les machines Mac-Connell on a diminué l'épaisseur des parois du foyer beaucoup plus que les règlements ne le permettent en France. On obtient ainsi une plus grande production de vapeur pour une même surface de chauffe; mais on augmente les frais d'entretien. L'acier fondu est souvent employé pour les bandages et les essieux. Enfin, l'appareil Giffard, en Angleterre comme en France, tend à se substituer partout aux pompes. Sur quelques machines, on emploie en même temps les pompes et le Giffard.

Les modèles de machines à grande vitesse des chemins anglais diffèrent essentiellement de ceux en usage sur une partie des chemins du continent, notamment sur le chemin de fer du Nord et les chemins de fer de l'Est (français) et de Lyon. Dans la plupart de ceux exposés par MM. Sturrock et Hawthorn, ingénieurs du chemin *Great-Northern*, Neilson et Connor, ingénieurs du *Caledonian-railway*, la charge sur les roues motrices est considérable, et, pour obtenir cette charge, l'essieu des roues motrices a été placé sous la chaudière. Dans les machines du *Caledonian-railway* on n'a pas craint d'atteindre, pour cette charge, le chiffre de 14 tonnes, les roues motrices ayant 2 mètres 45 centimètres de diamètre. Bien que M. Crampton soit Anglais, le modèle qu'il a inventé, et qui a rendu de si grands services sur nos chemins français, ne se rencontre sur aucun chemin anglais, il est proscrit même sur le *Chatam-railway*, exploité par M. Crampton lui-même Sur ce chemin on emploie l'ancien modèle Stephenson, avec un arbre coudé placé entre deux

essieux. On n'adresse, cependant, d'autres reproches au modèle Crampton que la faiblesse de la charge portée sur les roues motrices (11 tonnes), et par suite la médiocre adhérence de ces roues, ayant pour conséquence de limiter la charge remorquée. Il est possible qu'en Angleterre les besoins du service forcent à remorquer souvent, comme au chemin du Nord français, des trains *express* dont la résistance dépasserait celle des trains que les Crampton peuvent remorquer. Le surcroît de puissance obtenu par une charge excessive des roues motrices, dans le modèle britannique, devient très-fatigant pour la voie, et la hauteur de son centre de gravité n'est pas sans danger. Si ces inconvénients ne l'ont pas fait abandonner en Angleterre, cela tient sans doute à ce que le nombre des trains sur certains chemins de fer de la Grande-Bretagne est déjà tellement considérable que l'on craint de l'augmenter, et que le prix des matériaux de la voie y est si faible que l'on s'y préoccupe moins qu'en France des dépenses que nécessite le renouvellement des rails.

Il y a lieu de s'étonner de ce que M. Mac-Connell ait conservé l'emploi des roues motrices placées sous la chaudière en ne les chargeant que faiblement. Il est vrai qu'il a diminué la hauteur du centre de gravité en ne donnant qu'une faible épaisseur au corps tubulaire.

Les machines à grande vitesse des chemins anglais se distinguent encore de celles des chemins français en ce que le plus souvent on y a conservé les cylindres et le mécanisme intérieur (Sturrock, Stephenson, Neilson, Connor). M. Ransbottom seul a adopté les cylindres et le mécanisme extérieurs. Les dimensions des surfaces de chauffe sont, du reste, à peu près identiques à celles des mêmes surfaces dans nos machines. C'est donc en utilisant mieux la puissance de la machine au moyen d'une plus grande adhérence, ou en augmentant la pression plutôt qu'en augmentant cette puissance par un accroissement de la quantité de vapeur produite, que les Anglais remorquent de plus fortes charges et peuvent diminuer les pertes de temps au *démarrage*.

Les machines mixtes sont employées en Angleterre non-seulement pour remorquer des trains omnibus, mais aussi très-souvent, con-

curremment avec les machines à six roues couplées pour les trains de marchandises. Ces derniers trains sont alors forcément d'un poids relativement faible. Ils marchent à la vitesse des trains omnibus. En Angleterre, les Engerth sont exclues aussi bien que les Crampton.

Exposition des locomotives françaises. — L'exposition française des machines locomotives présentait un caractère tout différent de celui de l'exposition anglaise. Elle témoignait des efforts faits par nos ingénieurs, bien moins pour marcher à de grandes vitesses que pour remorquer à des vitesses différentes des charges considérables sur des pentes modérées, des charges moins fortes, mais suffisantes, sur des rampes d'une certaine inclinaison, ou pour marcher dans des courbes de petit rayon. C'est en vue d'atteindre ce but qu'ont été construites les machines à dix ou à douze roues du Nord, celles à huit roues du chemin d'Orléans, et la machine Beugnot.

A l'exposition française on remarquait : 1° les nouvelles machines à huit roues couplées du chemin de fer d'Orléans, avec foyer Tenbrinck (voir IIIe volume, chapitre *Nouveaux systèmes*), offrant une surface de chauffe d'environ 200 mètres carrés, égale à celle des puissantes Engerth, sans que pour cela on ait été obligé de porter le foyer sur le tender pour obvier à l'excès du porte-à-faux ; 2° les dessins des nouvelles machines à dix roues pour voyageurs et à douze roues pour marchandises du chemin du Nord (français) ; 3° les dessins des nouvelles machines *fortes-rampes* avec la chaudière à dessiccateur et surface de chauffe de 165 mètres carrés. Nous avons déjà décrit ces dernières machines aussi bien que celles du chemin d'Orléans au chapitre des nouveaux systèmes. Celles dont les dessins ont été exposés, ont depuis lors été construites et sont aujourd'hui en service. Nous avons déjà indiqué que les machines à marchandises, ainsi que les machines fortes-rampes, faisaient un bon service, mais qu'il n'en était pas de même de celles à voyageurs.

Exposition des locomotives allemandes. — Le système des machines à grande et moyenne vitesse construites par M. Borsig pour les chemins prussiens est bien connu. (Voir notre *Traité élémentaire*.) Ces machines se distinguent des machines françaises par le

grand nombre des pièces en acier fondu, telles que tiges de piston, bielles motrices et d'accouplement et boutons de manivelle. En France, au contraire, pour les mêmes pièces sur les chemins du Nord et de l'Est, on a renoncé à l'emploi de l'acier. Cela semblerait prouver qu'en France la fabrication de l'acier fondu n'a pas encore atteint le même degré de perfection qu'en Allemagne. En revanche on y possède des fers aciéreux d'excellente qualité. Tels sont ceux qui proviennent des usines d'Allevard avec lesquels on fabrique d'excellents bandages qui le disputent jusqu'à un certain point pour la durée avec ceux en acier fondu de Krupp.

Bientôt aussi, nous assure-t-on, l'acier Bessemer nous sera fourni à un prix de beaucoup inférieur à celui de l'acier fondu d'Allemagne. Ce sera un grand progrès de fait, non-seulement dans la fabrication des machines mais encore dans celle du matériel fixe.

Machine Duplex. — Nous avons déjà décrit cette machine exposée par M. Haswell sous le nom de machine Duplex.

Nous reproduisons toutefois, pour les documents relatifs à l'exposition de Londres, par voie d'extrait, l'article fort bien rédigé sur cette machine, article faisant partie du rapport de la société autrichienne.

Machine Steierdorff. — Nous avons également décrit la machine Steierdorff.

Le rapport de la société autrichienne contient au sujet de cette machine d'intéressantes considérations sur le frottement dans les courbes. Nous avons cru devoir les analyser plus loin.

DOCUMENTS SUR L'EXPOSITION DE LONDRES

1° *Notes de M. Jules Gaudry.*

M. Jules Gaudry a réuni dans un même tableau les dimensions des machines faisant partie de l'exposition de Londres et des machines diverses employées sur les chemins anglais.

Ce tableau est d'un intérêt tel, que nous avons cru devoir le re-

produire ainsi que les notes qui l'accompagnent et nous fournissent une description sommaire de ces machines.

Neilson. — Locomotive express du railway calédonien, étudiée par Mac-Connor, l'ingénieur de la ligne. Grandes roues en vue de diminuer le nombre des coups de piston; vitesse ordinaire des express, cheminée évasée du système Sinclair; deux Giffard; abri du mécanicien par une sorte de guérite nécessitée par le climat d'Écosse. La chaudière a été éprouvée à la pression de 200 livres par pouce carré. Les cercles des roues sont en acier Krupp; les essieux en acier fondu; les roues motrices ont 28 bras et sont d'un beau travail par la méthode à rondelles de Cail. Comme fumivore, le foyer est garni d'une voûte en briques avec entrée d'air par la porte du foyer et une tôle-rabat d'air. Sur la grande rampe de Beattok, longue de 10 milles, pour une hauteur totale de 675 pieds, la machine remorque 14 voitures à la vitesse de 30 milles (48 kilom.).

Le tender pèse, vide, 12 tonnes; entre axes (6 roues), 3m47. Suspension à balanciers.

Cette machine est un des beaux ouvrages de l'Exposition; le vice-roi d'Égypte en a fait l'acquisition. On peut lui reprocher des roues porteuses trop petites pour un service d'express, le poids excessif sur ses roues motrices et son bâti assez compliqué.

Ramsbottom. — Machine express de la 2e section du North-Western railway, construite entièrement par M. Ramsbottom, ingénieur de la Compagnie, dans ses ateliers de Crew. Balances des soupapes de sûreté; lubrification des pistons et régulateur d'un système particulier; deux Giffard injectant au bas du foyer sur les côtés. Aucun des ressorts de suspension ne se règle. La machine est très-élevée au-dessus de la voie. Pour fumivore, il y a deux ouvertures à l'avant du foyer débouchant au-dessus du combustible et sous une petite voûte en briques. En apportant à Londres la malle d'Amérique, lors de l'affaire Slydell, la machine vint d'un seul trait d'Holyhead à Stafford (distance 215 kil.) en 2 h. 25 m. Grand tender à six roues, muni de l'appareil à puiser.

Cette machine est un des beaux ouvrages de l'Exposition comme fini de travail et simplicité. On lui reproche le petit diamètre de ses

roues porteuses et la haute élévation de son centre de gravité.

Mac-Connel, ingénieur des ateliers du North-Western à Wolverton, où a été construite la machine; elle sert aux trains express de la 1re section. Chaudière à foyer Mac-Connel (double avec bouilleur en lame d'eau longitudinale et chambre de combustion); corps tubé très-élevé au-dessus de la voie; son axe est à 2 mètres au-dessus du rail. Essieu moteur en acier Krupp. 2 Giffard injectant au bas, sur les côtés du foyer. Tender à 6 roues; mêmes dimensions que le précédent, mais avec suspension à leviers. La machine est d'une très-belle exécution, très-simple, sauf son foyer, très-puissante et d'une facile inspection en marche. On lui reproche la haute élévation de son centre de gravité.

Mac-Connel. — Type des machines express ordinaires du North-Western; 1re section; construite à Wolverton, sur les plans et par les soins de M. Mac-Connel, en 1861, sous le n° 1000; regardée comme excellent type pour trains de 100 à 120 tonnes, à 35 à 40 milles à l'heure. Alimentation par un Giffard posé à droite et une pompe à plongeur direct posée à gauche; souffllard anglais sur le côté de la boîte à fumée. La chaudière est élevée de 20 centimètres au-dessus du châssis pour laisser aborder le mécanisme. La cheminée est très-courte et sensiblement rétrécie en tuyère, de bas en haut. La machine brûle de la houille. Le foyer appartient au système ordinaire. Son fumivore consiste en une voûte de briques, une tôle directrice de l'air et une introduction par la porte du foyer percée de petits trous. Beaucoup de machines express du même système existent sur la ligne, ne différant de celle-ci que par l'existence d'un bouilleur en lame d'eau longitudinale et un châssis double du système Gooch.

Beyer. — Locomotive express pour le Portugal. Voie de 1m65. Les ressorts des roues motrices seuls peuvent se régler par des écrous. Le corps tubé, dont le diamètre a 1m27, est notablement élevé au-dessus du châssis et du mécanicien. L'alimentation, d'après la demande, se fait par deux Giffard verticaux et deux pompes. Les Giffard injectent au bas des foyers, sur les côtés; les pompes injectent vers le milieu et l'axe du corps tubé. Comme fini de travail, cette machine est une des plus belles de l'Exposition.

Beyer. — Locomotive express de la ligne d'Édimbourg à Glascow; exactement le même type que la précédente, sauf les dimensions; pas de Giffard.

Stephenson. — Type de locomotives ordinaires express du Great-Northern; mouvement intérieur à double glissière et châssis du système Gooch. Double foyer fermé par un bouilleur longitudinal; porte à coulisse percée de petits trous. Cadre du bas du foyer fixé à simple rivure. Grille inclinée. Suspension des roues motrices et d'avant par levier à bras inégaux. La locomotive construite par Sharp (dite machine Sturrok), que possède notre compagnie du Nord, est exactement du même type que la présente machine de Stephenson.

Hawthorn. — Locomotive unique en son type pour trains express du Great-Northern, pour trains de 120 tonnes à 45 milles de vitesse. La charge est répartie en deux groupes, sur les quatre paires de roues à l'aide de balanciers. Dans le foyer, il y a un bouilleur en lame d'eau transversale; pas de fumivore. Les pompes alimentaires sont remarquables par le grand réservoir d'air au-dessus et au-dessous de la prise d'eau : tout le mécanisme est bien abordable.

Forquenot. — Machine à cylindres et mouvement extérieurs, munie du foyer Tenbrinck, pour trains express de la compagnie d'Orléans. Exécution très-soignée.

Haswel. — La locomotive exposée, dite Duplex, n° 601 [1], est à quatre cylindres, deux pour chaque roue, alternant leur action, en sorte que l'un des pistons est à fond de course quand l'autre est à l'extrémité opposée de son cylindre, pour annuler les actions perturbatrices sans avoir besoin de contre-poids. Cette machine, jusqu'ici seule en son type, ne diffère que par ses cylindres de onze autres construites par M. Haswel aux ateliers du chemin de fer de Vienne, pour les trains express sur des lignes où les courbes descendent à 280 mètres de rayon, avec des rampes de 1/150. Au tableau, c'est la locomotive courante que nous avons indiquée au lieu de la Duplex, dont chaque cylindre a 0m277 de diamètre. Toutes les autres dimensions restent les mêmes.

[1] Cette machine est décrite et représentée aux *nouveaux systèmes*

Stephenson. — Machine mixte à quatre grandes roues couplées, sur le Eastern-Counties railway, construite par Stephenson, sur les plans de Sinclair, aujourd'hui ingénieur de la Compagnie. Elle a déjà parcouru 72,370 kilomètres sans autre réparation que le tournage des roues d'avant et la peinture, pour venir à l'Exposition. Suspension à leviers. Les cercles sont en acier Krupp. Une roue exposée près de la machine a parcouru 107,870 kilomètres sans avoir été tournée ; son épaisseur, remarquablement égale sur tout le parcours, est réduite à 0m01. Foyer à fumivore Frodsham. Pression en service : 130 livres (9 atm. 1/2). La cheminée est coniquement évasée de bas en haut et sans couronnement, selon le système Sinclair, aussi employé au Calédonien dont il fut l'ingénieur. Deux Giffard verticaux injectent au bas du foyer. La machine tire trente-cinq wagons de marchandises chargés à 8 t 1/2, soit 300 tonnes sur rampes moyennes. Les ingénieurs anglais la regardent comme un des meilleurs ouvrages de l'Exposition.

Neilson. — Dernier type des locomotives pour marchandises et trains omnibus, du Caledonian railway, construite sur les plans de M. Connor. Châssis double ; mouvement intérieur; cheminée évasée du système Sinclair. Fumivore à voûte et porte à coulisse. Abri complet pour le mécanicien, comme sur la locomotive express de l'Exposition. La machine remorquant 350 tonnes à la vitesse de 20 milles, brûle 40 livres de houille par mille, coûtant 3 sch. 9 p. par tonne.

Armstrong. — Machine mixte à quatre roues couplées, pour la ligne des Indes ; à voie de 5 pieds 1/2, construite par Armstrong dans ses ateliers d'Elswick, sur les plans de M. Marshall. Les cylindres sont inclinés de 1/32 ; pas de Giffard. L'alimentation se fait par deux pompes ordinaires et deux pompes à vapeur dites *petit cheval* ou *Donkey*. Une tente en toile abrite le mécanicien contre le soleil. La disposition du mécanisme rappelle notre type français dit de M. Barrault.

Borsig. — Machine mixte ; la 1,361e du constructeur. Mouvement en porte-à-faux. Pièces en acier fondu. Les bielles d'accouplement ont, au milieu, 0m,04×0,03. Outre la distribution par coulisse simple ordinaire, il y a une détente spéciale qui prend son

mouvement sur un des excentriques. Alimentation par deux pompes, plus un petit cheval. Admirable exécution.

Hartmann, à Schemnitz en Saxe. Locomotive de montagne (rampe de 1,40 et courbes de 72 mètres); avant-train mobile. Souffleur et échappement variable, comme en France. Graisseurs très-multipliés. Deux Giffard verticaux. Coulisses simples relevées du bas. Mouvement d'Engerth. Balance d'Egenhoffen pour soupapes de sûreté. La boîte à fumée se ferme par une vis. Pas de fumivore. Très-belle exécution. Tout est en porte-à-faux dans l'appareil.

Ramsbottom. — Type ordinaire des locomotives du North-Western, 2e section, construite à Crew, sur les plans et par les soins de M. Ramsbottom. Vitesse, 22 à 25 milles à l'heure. 350 tonnes remorquées. Type réputé excellent pour un service suivi.

Sharp. — Locomotive à marchandises du Dover and Chatam railway. Alimentation par deux Giffard injectant, non comme dans les autres machines anglaises, au bas du foyer, mais au milieu du corps cylindrique. Par une exception aussi, tous les ressorts de suspension sont réglables par des écrous. La machine a tous nos engins accessoires, sauf l'échappement variable. Le régulateur est à pression équilibrée et d'un facile mouvement. Le foyer est du système Cudworth, long, à double compartiment et à grille très-inclinée. Un abri complet dans le système américain protége le mécanicien. On se loue beaucoup des machines semblables travaillant sur la ligne de Dover. Elles ont, à ce qu'il paraît, une grande puissance de traction. Cette machine est, comme exécution, un des chefs-d'œuvre de l'Exposition. Elle a été acquise par le vice-roi d'Égypte, en même temps que la locomotive express de Neilson.

Sharp. — Type de locomotives à marchandises ordinaires du Great-Northern. Fumivore à voûte de briques et porte de foyer à coulisse ; grille d'un système particulier où les barreaux sont simplement coupés de longueur, sans talon et logés dans les entailles de deux crémaillères formant support. La charge de la machine est portée sur les roues motrices et d'avant par des leviers à bras inégaux. Les plans ont été combinés, je crois, avec M. Sturrock, ingénieur de la Compagnie.

Fairbairn. — Machines à marchandises du Midland railway, exécutée d'après les plans de M. Kirtley, ingénieur de la Compagnie. Le constructeur observe que les tôles sont assemblées sans aucunes cornières, leurs extrémités étant rabattues par emboutissage selon la patente Alton. Le mécanisme est semblable à celui de notre type dit Mammouth. Alimentation par pompes. Pas de Giffard. Toutes les machines du Midland railway sont sur ce type. Le mécanicien est abrité par un large écran. Toutes les rivures de la chaudière sont à double ligne de rivets.

Fairbairn. — Type de locomotives à marchandises ordinaires du North-Western, 1re section, construites sur les plans de M. Mac-Connel. Celle-ci porte le n° 1014. Le centre de sa chaudière est à 2m15 du sol. Outre les deux balances et leur cuvette, il y a une soupape de sûreté supplémentaire chargée par un faisceau de ressorts à pincette. Pour la suspension, les ressorts des roues extrêmes sont en volute; ceux des roues du milieu seules sont à feuilles. Les pistons du système Ramsbottom n'ont en tout que 0m05 d'épaisseur. L'alimentation se fait par deux petits Giffard placés des deux côtés de la porte du foyer et injectant à l'angle de la galerie. La machine est construite en vue d'une charge de 350 tonnes remorquées à 25 milles de vitesse Tender à six roues dont la caisse a 4 mètres de long sur 1 mètre de haut. La machine consomme un mélange de houille et de coke. Foyer ordinaire où il n'y a contre la fumée que la tôle rabat-d'air et la porte à coulisse pour le chargement.

Belpaire. — Locomotive à marchandises à six roues couplées, construite en Belgique aux ateliers de Couillet, remarquable surtout par son foyer du système Belpaire. Mouvement de notre type français *le Rhône*, avec glissières simples et bielles motrices à fourche. Alimentation par deux Giffard, plus une pompe à plongeur direct placée vers le milieu sous le corps cylindrique. Le tube-jauge et les robinets d'épreuve sont sur la même pièce, de forme ancienne, dite clarinette. Le changement de marche et le jette-feu sont manœuvrés par une vis et un volant. Les bielles d'accouplement sont allégées par un évidement au milieu du corps. Échappement variable dans la cheminée. Le cadre du foyer est à double rivure.

Cail. — Locomotive à marchandises à six roues couplées construites en 1860 à Oullins, à peu près sur le type dit du Grand-Central. Alimentation par deux pompes à plongeur direct. Les ressorts de suspension des roues d'arrière sont reportés en dehors et appuient par l'intermédiaire d'une pièce transversale bien connue dans les machines françaises d'Oullins.

Gouin-Petiet. — Machine-tender, dite pour fortes rampes, à huit roues couplées. Chaudière Belpaire au dessus de la caisse à eau et surmontée d'un surchauffeur avec cheminée horizontale. Elle fait l'objet d'un mémoire imprimé.

Haswel. — Locomotive de montagnes appelée *Steierdorf*, construite à Vienne, aux ateliers du chemin de fer, pour une ligne de 30 kilomètres avec rampe de 1,50 et courbes de 114 mètres. La charge, sur chaque essieu, ne pouvant excéder 9 tonnes 1/2 et le poids remorqué (non compris machine et tender) ne devant pas être moindre de 110 tonnes à 15 kilomètres de vitesse. La locomotive et le tender ont leurs roues couplées, et l'action est communiquée d'un véhicule à l'autre par une sorte de parallélogramme articulé. Il existe un mémoire imprimé sur la description, le jeu et le calcul de la machine dont l'exécution est remarquable.

England. — Petite locomotive-tender à quatre roues couplées pour petites lignes; combinaison simple ; exécution médiocre.

England. — Très-petite locomotive-tender à quatre roues couplées pour gares et entrepôts.

Manning-Wardle et Ce à Leeds. — Charmante petite locomotive-tender, pour gares et entrepôts, montée sur quatre roues couplées, répandue dans l'industrie ; a fait d'excellentes preuves de service dans l'organisation du Palais de l'exposition dont elle est réputée un des meilleurs ouvrages; avec tubes et foyer de cuivre, et construite en fer du Yorkshire ; son prix est de 950 livres (23,750 fr.).

Stephenson. — Locomotive-tender à huit roues, dont quatre couplées et quatre en avant-train mobile sur le railway du Nord de Londres.

Sharp a fait aussi des machines de ce genre : les unes et les autres sont de fort beaux ouvrages.

NUMÉROS	CONSTRUCTEURS et INGÉNIEURS	NUMÉRO de construction	ANNÉE	PISTONS (a)		DIAMÈTRE des roues			ENTRE AXE	TUBES			SURFACE de chauffe		
				DIAMÈTRE	COURSE	AVANT	MILIEU	ARRIÈRE		NOMBRE	LONGUEUR	[illegible]	TUBES [illegible]	FOYER	TOTALE
				c	c	m	m	m	m		m	m	m. q.	m. q.	m. q.
1	Neilson-Connor . . E.	»	1861	44	60	1 114	2,18	1,115	4 77	192	3 70	5	98 47	8 64	107 10
2	Ramsbottom . E	317	1861	40	60	1,111	2 30	1 114	4 70	192	3 27	5	82 35	7 65	90 00
3	Mac-Connel . . E.	373	1862	46	60	1,29	2 28	1 29	4 85	»	2,30	»	»	»	»
4	Mac-Connel . .	»	1861	40	60	1,34	2,14	1 20	5 00	190	3,70	5	»	»	101 00
5	Beyer . . . . E	»	1861	40	56	1,14	2,14	1 14	»	21	3 35	5	101,54	8 64	109 98
6	Beyer	»	1860	40	[illegible]	1,06	1 77	1 06	4 10	171	3.15	5	»	»	»
7	Stephenson-Sturrok .	1298	1860	45	[illegible]	1 27	2,14	1 37	5.16	168	3.10	»	»	»	»
8	Hawthorn .	»	186	35	60	1,27 1,27	2,14	1,27	6.60	210	3 60	5	»	»	»
9	Forquenot . E	202	1862	40	65	1,24	2 02	1 24	4 50	181	3.60	4 8	92 0[illegible]	9 00	101 00
10	Haswel . E	600	1861	39 5	67,2	1 264	1,264	2 055	3 17	160	4 42	5 3	117 15	7 7[illegible]	124 92
11	Stephenson-Sacr[illegible] E	»	1860	45	60	1.09	1,85	1,85	4 57	»	»	»	87 20	[illegible] 55	95.75
12	Neilson-Connor .	»	186[illegible]	[illegible]	60	1,11	1 87	1 87	4 72	224	3.50	5	98.00	7,11	105.11
13	Armstrong . E	»	1862	40	[illegible]	1,06	1,67	1,67	[illegible] 11	161	3 35	5 0	94.00	9,18	103 18
14	Borsig E.	1361	1862	»		1,00	1,40	1 40	3 70	»	4.50	»	»	»	»
15	Hartmann . E	170	1862	38	56	0.60	1 37	1 37	3 39	»	3.65	»	70 20	6,30	76.50
16	Ramsbottom .	»	1862	45	61	1,52	1,52	1,52	4 72	192	3,29	5	82 35	7,65	90,00
17	Sharp E	15[illegible]0	18[illegible]6	45	60	1,[illegible]	1,52	1,52	4 8[illegible]	»	»	»	»	»	»
18	Sharp . .	»	186[illegible]	40	60	1,58	1 58	1 58	4 70	200	3 25	5	96 35	9 74	105,07
19	Fairbairn-Kir[illegible] E	»	1862	40	60	1 52	1 52	1,52	4 80	19[illegible]	3 50	»	»	»	106 70
20	Fairbairn . .	414	1862	40	56	1,68	1,68	1 68	4 70	190	3.40	5	88 40	9 72	97,12
21	Belpaire . E	120	18[illegible]2	4[illegible]	60	1,52	1 52	1 52	»	»	»	»	»	»	»
22	Ca[illegible]l . . E	710	1860	4[illegible]	60	1,52	1,52	1,53	3.18	18[illegible]	4 30	4 8	117 21	8.21	125,52
23	Robertson . E	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
24	Gouin-Petiet E	»	1862	48	48	1,06	1.06 1.06	1 06	3 80	[illegible]	3 [illegible]0	5	144,76	10.96	1[illegible]5,82
25	Haswel . E	600	1862	46	65	1,00	1,00	1 00	2 24	1[illegible]8	4 42	5 3	15[illegible],00	7 22	122,91
26	England E	»	1859	»	»	0,80	1,20	1 20	3.10	»	»	»	»	»	»
27	England .	»	»	25	30	0,91	0 90	»	1 65	40	2,08	»	»	3 21	»
28	Manning . . E	»	1862	25	35	0.85	0,85	»	1 46	55	2,10	»	»	2.75	22,32
29	Stephenson .	»	»	28	56	0 91 0.91	1 58	1 58	»	15[illegible]	3,15	5	»	0.00	65,60

(a) On sait qu'en Angleterre les chaudières ne sont ni timbrées ni soumises à une épaisseur réglementaire

GRILLE		POIDS		CHARGE sur les roues			SYSTÈME					TENDER			
Longueur.	Largeur.	à vide	en marche	avant	milieu	arrière.	cylindres	mouvement	coulisse	châssis	alimentation	poids en marche	eau	combustible	roues diamètre
m	m.	t.	t.	t	t	t						t	l	Poids	m.
1,22	1,16	25,50	30,50	9,50	14,11	6,70	Extér., incliné	Intér	»	Extér. double	Giffard	21	7 27?	2 000	1,14
1,47	1,01	23,90	27,30	9,50	11,90	6,70	Horizont. extér	Id	Stephenson	Inter simple	2 Giffard.	»	6 520	2 000	1,14
»	»	»	»	»	»	»	Horizont. inter.	Id	Id	Id	Id	»	»	»	»
1,40	1,01	»	28,00	»	»	»	Id	Id	Id	Id	1 Giffard 1 pompe	»	»	»	»
1,75	1,30	»	»	»	»	»	Id	Id	Renversée	Double Gouch	1 Giffard 2 pompes.	»	6 87?		»
1,22	1,01	»	»	»	»	»	Id.	Id	Id	Id	2 pompes	»	»	»	»
1,80	1,01	»	34,00	»	»	»	Id	Id	Id.	Id	»	»	10 80	»	»
1,70	»	»	38,00	»	»	»	Id	Exter	Id	Double	2 pompes	»	»	»	»
1,90	0,96	23,00	28,80	10,00	10,60	5,40	Horizont. exter	Id	Id	Inter, simple.	»	17	5 600	»	1,12
1,30	1,11	»	32,20	10,00	9,70	12,50	Id.	Intér	Stephenson, simple	Extér simple	2 Giffard.	»	8 720	»	»
»	»	»	30,00	8,60	10,70	10,70	Id	Id	»	Inter simple	Id	25	»	»	1,09
1,22	1,01	29,14	31,52	10,20	11,18	10,14	Extér incliné	Id	»	Extér, double	Giffard	21	7 200	2.000	1,14
»	»	»	»	»	»	»	Id	Bourbonnais	Stephenson	Inter simple	Pompe.	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	Extér horizont	Exter	Simple	Id	2 pompes	»	»	»	»
1,10	0,96	»	28,00	8,00	10,00	10,00	Id	Engerth.	Id	Id	2 Giffard	»	»	»	
1,47	1,01	»	26,74	9,14	10,00	7,00	Intér incliné.	Inter	Id.	Id	Id	»	6 820	2.000	1,14
»	»	»	32,00	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1,40	1,15	»	31,00	»	»	»	Inter incliné	Inter	Double	Double Gouch.	»	»	6 500	»	»
1,22	1,06	»	»	»	»	»	Id.	Id	Id	Exter	2 pompes	»	»	»	»
1,40	1,13	»	»	»	»	»	Id.	Id	Id	Inter, simple	2 Giffard	»	»	»	»
2,50	1,13	»	»	»	»	»	Id	»	»	»	»	»	»	»	»
1,40	0,97	29,06	33,07	10,50	11,70	11,50	Extér, horizont	Inter.	Double. ordinaire	Inter simple.	2 pompes 1 Giffard.	»	6 000	6 000	1,20
»	»	»	»	»	»	»	Inter, incliné	Id	»	Id	2 pompes	»	»	»	»
1,47	1,77	31,70	45,00	11,00	10,60 10,70	11,00	Extér., horizont	Engerth	Renversée	Id	2 Giffard	»	»	»	»
1,47	1,00	»	27,50	9,50	8,40	9,80	Id.	»	»	»	Id.	19,2	5.056	806	1,00
»	»	»	»	»	»	»	Id.	Bourbonnais	Simple.	Inter simple.	2 pompes.	»	2 160	»	»
0,47	0,93	»	»	»	»	»	Inter, horizont	Inter	Id	Id.	Id	»	2.970	»	»
0,60	»	7,18	10,25	»	»	»	Extér, incliné	Id	Id	Id	2 Giffard	»	»	»	»
1,05	0,95	»	»	»	»	»	Inter horizont	Id.	»	Id	2 pompes	»	2 700	»	»

) Elles sont ordinairement éprouvées à 200 livres (14 atm.) pour machines à 120 livres (8,5 atm.).

2° Mémoire de la compagnie du Nord sur les machines à quatre roues

Nous avons décrit précédemment les dispositions générales des machines à quatre cylindres, système Petiet.

La compagnie du Nord a fait distribuer aux membres du jury un mémoire sur ses nouvelles machines rédigé avec autant de concision que de clarté. Ce mémoire contient un si grand nombre de renseignements utiles non-seulement sur les nouvelles machines, mais encore sur les anciennes, que nous croyons devoir le reproduire dans son entier comme un des documents les plus précieux pour les ingénieurs appelés à construire des chemins de fer, bien que la pratique ait condamné jusqu'à ce moment l'emploi des machines à quatre cylindres pour voyageurs, et qu'elle n'ait pas encore prononcé sur celui des machines pour marchandises.

L'auteur du mémoire s'exprime dans les termes suivants :

Expliquons d'abord l'ordre d'idées qui nous a conduit aux dispositions présentées.

Pour remorquer dans des conditions économiques un train ordinaire de voyageurs à *grande vitesse*, ou pour traîner un lourd train de marchandises à *petite vitesse*, il faut des locomotives puissantes. Or, ce qui constitue la puissance d'une locomotive, c'est, avant tout, la faculté qu'elle a de produire une grande quantité de vapeur. Il faut donc une chaudière énergique avec un foyer capable de brûler du combustible en quantité suffisante.

C'est là le premier élément, et c'est certainement le plus essentiel. Le second élément, c'est la force de traction intimement liée à l'adhérence.

Un troisième élément, qui doit être pris en sérieuse considération, surtout lorsque l'inclinaison des pentes sur lesquelles les trains doivent circuler devient considérable, c'est le poids du moteur avec ses approvisionnements.

En résumé, le but théorique vers lequel on doit tendre, c'est d'obtenir une forte production de vapeur et un grand effort de traction avec un poids de moteur, approvisionnements compris, aussi restreint que possible.

Cette notice, plus particulièrement écrite pour les hommes spéciaux composant le jury, ne peut entrer dans des détails qui leur seraient inutiles. Elle s'appuiera cependant sur des descriptions et documents relatifs au matériel de la Compagnie, qu'il nous a paru essentiel de donner comme pièces à l'appui, sous forme de croquis et de tableaux comparatifs.

L'examen que nous allons faire comprendra deux parties : l'une relative à l'appareil de vaporisation, l'autre à la machinerie.

Dans les deux cas, on fera ressortir les dispositions au moyen desquelles on peut réduire le poids de l'ensemble du moteur.

Appareil de vaporisation. — L'appareil de vaporisation se compose de trois parties distinctes : le foyer, les tubes et la cheminée.

La plupart des foyers ont leur largeur limitée par l'obligation où l'on est de les placer entre les longerons, ou au moins entre les roues, lorsque les longerons sont extérieurs. Nos grosses locomotives à marchandises, système Engerth, ont pu avoir un foyer relativement beaucoup plus large, parce que l'écartement du quatrième au cinquième essieu a permis de le placer entre les boudins des roues.

Les locomotives envoyées à l'Exposition ont le foyer placé au-dessus des roues et des longerons : il a donc été possible de lui donner une grande largeur (soit 1^m77 et 1^m80). En élargissant les foyers, on peut mettre des tubes dans le corps cylindrique en plus grande quantité ; on peut de plus obtenir, sans allongement de la chaudière, une plus grande surface de grille, et l'on sait que pour brûler des combustibles de basse qualité il faut augmenter notablement la surface de la grille.

Les grilles des locomotives envoyées à l'Exposition sont toutes du système breveté par M. Belpaire, ingénieur en chef au chemin de fer de l'État de Belgique. Onze locomotives semblables à celle exposée fonctionnent avec succès sur les lignes du Nord et sont alimentées exclusivement avec des menus charbons.

Voici la comparaison des surfaces de grille des diverses locomotives du chemin de fer du Nord.

LOCOMOTIVES A VOYAGEURS.

Système Buddicom.	0m952 × 1m059 = 0m985
Système Crampton.	1.236 × 1.056 = 1.305
Mixte Engerth	1.282 × 1.050 = 1.340
A 4 cylindres, dont le plan est exposé.	1.475 × 1.775 = 2.620

LOCOMOTIVES A MARCHANDISES.

Petites.	3	essieux couplés.	0m949 × 0m931 = 0m880
Moyennes	3	d°	1.400 × 1.020 = 1.430
Grosses Engerth . .	4	d°	1.440 × 1.350 = 1.944
Fortes rampes (exposée)	4	d°	1.475 × 1.775 = 2.620
4 cylindres (plan exposé)	6	d°	1.850 × 1.800 = 3.330

La surface de grille de la locomotive à voyageurs à 4 cylindres est donc le double de celles des locomotives Engerth mixtes et Crampton.

La surface de grille de la locomotive à marchandises à 4 cylindres est de 70 p. 100 plus grande que celle des grosses Engerth; elle est près de 4 fois aussi grande que celle de nos petites locomotives à marchandises.

Les foyers des locomotives exposées, comparés aux surfaces de chauffe, ne présentent évidemment aucune économie de poids, parce que les grilles ont une très-grande étendue, que leurs barreaux sont fort minces, très-rapprochés et par conséquent assez lourds.

Le ciel des foyers est formé par deux parois parallèles réunies par des entretoises, comme dans les parois latérales des foyers des locomotives généralement en usage.

Les locomotives du chemin de fer du Nord ont des tubes dont la longueur varie de 2m74 à 5 mètres; leur diamètre extérieur varie de 0m045 à 0m055.

Dans les locomotives exposées nous avons donné la préférence aux tubes de 3m50 de longueur; cela nous a permis, en adoptant un diamètre de 0,040, de réduire l'épaisseur moyenne du métal à 1 1/2 millimètre, et d'obtenir ainsi une économie sensible à la fois

sur le poids du moteur et sur le poids de l'eau contenue dans la chaudière, puisque celle-ci est relativement plus courte.

Afin de pouvoir mettre plus de tubes dans le même générateur, nous avons restreint le volume de vapeur disponible, en reportant le réservoir dans un second corps tubulaire, traversé et entouré par la fumée sortant de la chaudière principale. La chaudière porte donc ainsi un sécheur, qui a pour but de permettre de diminuer sans inconvénient le volume réservé à la vapeur, et qui a pour résultat d'enlever à cette vapeur la plus grande partie de l'eau qu'elle entraîne presque toujours avec elle.

La surface de chauffe de ce sécheur, fort simple et fonctionnant d'une manière normale, varie de 12 à 14 mètres carrés.

Voici les dimensions de surface de chauffe des diverses chaudières des locomotives du chemin de fer du Nord.

	TUBES.		CORPS CYLINDRIQUE.	SURFACE DE CHAUFFE			
	DIAMÈTRE.	LONGUEUR.	DIAMÈTRE.	AU FOYER.	AUX TUBES.	AU SÉCHEUR.	TOTALE.
Locomotives à voyageurs.							
Buddicom. . 1 essieu moteur .	0 045	2 740	1.115	5 41	57.17	»	62.58
Crampton. . 1 essieu moteur. .	0 050	3.657	1.215	6.31	91.08	»	97.39
Engerth . . 2 essieux couplés.	0 050	4 500	1.271	8.40	117.00	»	125.50
A 4 cylindres. 2 essieux moteurs.	0 040	3.500	1.278	10 06	144 76	12 00	166.82
Locomotives à marchandises							
Petites. . . . . 3 essieux coupl	0.050	3.800	0 950	5 50	68.60	»	74 10
Moyennes . 3 essieux coupl	0.050	3.245	1.500	9 07	117.55	»	126 60
Grosse Engerth, 4 essieux coupl.	0.055	5 000	1 500	10 76	186 23	»	196 99
Fortes rampes, 4 essieux coupl	0 040	3 500	1 278	10 06	144.76	12 00	166 82
4 cylindres. . . 6 essieux coupl.	0.040	3 500	1.450	10.00	189 00	14.35	213 35

En comparant les deux types de machines à 4 cylindres aux machines du système Engerth, on voit de suite combien les chaudières nouvelles sont plus compactes.

Ainsi, avec le même diamètre (1,278 au lieu de 1,271) et une longueur de 3^m50 au lieu de 4^m50, la locomotive à voyageurs à

4 cylindres a une surface de tubes de 145 mètres, tandis que l'Engerth n'a que 117 mètres.

La chaudière de la locomotive à marchandises à 4 cylindres ayant un diamètre de 1^{m}456 et une longueur de 3^{m}50, a une surface de tube de 189 mètres, tandis que l'Engerth, malgré son diamètre de 1^{m}50 et sa longueur de 5 mètres, n'a que 186 mètres carrés.

Nous préciserons plus loin la réduction qui en résulte pour le poids du mètre carré.

L'élévation de la grille au-dessus des roues, l'emploi du sécheur horizontal ne permettraient qu'une cheminée d'une longueur insuffisante. Nous avons donc été amenés à mettre la cheminée horizontale. Mais il est clair qu'avec un tirage artificiel la direction de la cheminée est insignifiante.

La chaudière entière, comprenant son enveloppe, ses supports, les appareils de sûreté, le régulateur complet, les tuyaux de prise de vapeur, le sécheur, etc., etc., a été pesée ou son poids calculé pour les types que nous examinons. On a tenu compte, en outre, du poids de l'eau et du poids du combustible ; en comparant ces poids à la surface de chauffe, on arrive aux résultats indiqués au tableau ci-après :

	POIDS.			SURFACE DE CHAUFFE	POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE CHAUFFE.		
	CHAUDIÈRE ET ACCESSOIRES.	EAU ET COMBUSTIBLE.	ENSEMBLE		CHAUDIÈRE ET ACCESSOIRES.	EAU ET COMBUSTIBLE	ENSEMBLE
Locomotives à voyageurs.	kil.	kil.	kil	mèt.	kil.	kil.	kil.
Système Buddicom.	6,300	2,200	8.500	62	101	36	137
— Crampton.	9,100	3,500	12 600	97	94	36	130
— Engerth.	12.500	3,850	16.350	126	[illegible]	31	130
— à 4 cylindres. . . .	12,800	3,320	16,120	167	77	20	97
Locomotives à marchandises.							
Petites.	7 950	1,900	9,350	74	107	27	134
Moyennes.	12,200	5,100	17,300	126	97	40	137
Engerth.	16,500	6,300	22,800	197	84	27	111
A 4 cylindres.	14,800	4,460	19,260	214	68	21	90

La chaudière complète, contenant son eau et ayant le combustible dans le foyer, ne pèse : pour la locomotive à voyageurs à 4 cylindres, que 97 kilogr. le mètre carré de chauffe, tandis que le poids du mètre carré est de 130 kilogr. dans les machines Engerth et dans les Crampton. La locomotive à 4 cylindres à marchandises ne pèse que 90 kilogr. au lieu de 111 kilogr. pour les grosses Engerth, poids déjà très-réduit comparé aux premières machines.

Machinerie. — Sous la dénomination de machinerie, nous comprenons le mécanisme composé des cylindres, pistons, bielles et roues motrices ; le châssis servant d'intermédiaire entre les roues de support et les roues motrices, et soutenant la chaudière ; enfin le tender lui-même, y compris les approvisionnements d'eau et le combustible, les agrès, etc. Cette seconde partie de la locomotive entre pour les deux tiers environ dans le poids total.

Nous examinerons séparément les machines locomotives à voyageurs et celles à marchandises.

Locomotives à voyageurs. — Les nécessités d'un service qui est quelquefois très-chargé sur les lignes fréquentées, et la présence de pentes assez fortes, ont obligé les Compagnies à commander depuis assez longtemps des locomotives à voyageurs puissantes, et à accepter presque généralement l'accouplement par bielles de deux des essieux. Mais pour les trains *express* devant marcher à des vitesses de plus de 60 kilomètres à l'heure, l'accouplement de deux essieux présente des inconvénients. Il est difficile que le diamètre des 4 roues reste longtemps égal : au bout d'un certain temps, une des paires de roues ayant éprouvé une plus grande usure a un diamètre plus faible, ce qui entraîne à un frottement supplémentaire fatiguant les bielles d'accouplement. En outre, ces bielles ayant un poids assez grand sont exposées à se rompre à grande vitesse ; c'est donc avec une certaine hésitation que l'on emploie des locomotives à roues couplées pour les trains express, et on continue à donner la préférence pour leur remorquage aux locomotives à roues indépendantes, en mettant une plus grande charge sur l'essieu moteur [1]. Mais alors, sans parler des inconvénients que les

[1] Sur le chemin de Londres à Douvres, cependant, on fait usage pour remorquer les trains express des machines à quatre roues couplées, qui seront décrites plus loin.

voies en éprouvent, les bandages s'usent rapidement, et chaque fois que les circonstances atmosphériques ne sont pas favorables, l'adhérence est insuffisante et les roues patinent.

Nous éprouvons ces embarras avec nos locomotives à voyageurs : nos Engerth à roues couplées sont excellentes pour les trains de voyageurs à vitesse ordinaire ; mais nous ne pouvons les mettre aux trains express dans la crainte de rupture des bielles d'accouplement. Nos locomotives Crampton remorquent très-bien nos trains express ; mais sur des rampes de 0,005, et avec des trains un peu chargés, elles manquent d'adhérence.

Nous avons donc été amenés à reconnaitre qu'il était indispensable d'avoir deux essieux moteurs pour les trains express, en évitant l'emploi des bielles d'accouplement, et nous exécutons les locomotives à 4 cylindres dont le plan est à l'Exposition.

La chaudière de ces locomotives sera en tout semblable à celle de la locomotive de fortes rampes. Elle ne peut donc être placée que sur un châssis assez bas et au-dessus des roues porteuses ayant 1^m065 de diamètre. Les essieux moteurs sont aux extrémités ; ils sont montés sur des roues de 1^m60 de diamètre. L'écartement des essieux extrêmes est de 5^m17, il est moindre que celui de certaines locomotives dont l'essieu moteur est au milieu, il n'y a donc aucune difficulté à prévoir pour le parcours de cette locomotive dans les courbes.

Les roues de petit diamètre pèsent moins, et elles n'exigent qu'un châssis court et par conséquent plus léger.

La force étant répartie entre 4 *cylindres* au lieu de 2, les pistons sont plus petits et plus légers, ainsi que les bielles et tout le mécanisme.

En résumé, la locomotive à 4 cylindres, portant un approvisionnement d'eau de 7,000 kilogrammes et 2,000 kilogrammes de combustible, et ayant une surface de chauffe de 167 mètres carrés, ne sera pas sensiblement plus lourde que la locomotive Crampton ayant 97 mètres de surface de chauffe, 7,000 kilogrammes d'eau et 1,500 kilogrammes de combustible, ni plus lourde que la mixte Engerth avec 126 mètres carrés de chauffe, 5,000 kilogrammes d'eau, 1,600 kilogrammes de combustible elle pèsera 48,200 au lieu de 47,200 kilogrammes.

Voici les dimensions et les calculs que l'on peut faire sur les divers types de locomotives du chemin de fer du Nord pour le transport des voyageurs.

	BUDDICOM.	CRAMPTON.	MIXTE ENGERTH.	A QUATRE CYLINDRES.
Surface de grille	0.985	1 305	1 340	2.020
Surface de chauffe	62.58	97.39	125.50	166.82
Tension absolue de la vapeur dans la chaudière [1]	7 atm	8 atm	8 atm	9 atm.
Diamètre des cylindres	0.360	0.420	0.420	0.500
Surface des pistons	0 2036	0.2770	0 2770	0.4072
Course des pistons	0 555	0.55	0.56	0 340
Diamètre des roues motrices	1.850	2 10	1 739	1.000
Circonférence des roues motrices	5.81	6.60	5.45	5.026
Pression sous les roues motrices	9.200^{k}	11.000	22.400	21.400 19.000 18.000
Rapport de la vitesse de la roue à la vitesse des pistons	5.45	6 »	4.86	7.39
Traction théorique par atmosphère de pression effective	386^{k}	477^{k}	587^{k}	509^{k}
Traction calculée avec coefficient de 0,60 de la pression effective	1,390	2.000	2.405	2 751
Rapport de la traction calculée au poids fournissant l'adhérence	0.151	0 182	0.109	0.130 0.144 0 152
Traction calculée par mètre carré de grille	1.411^{k}	1.532^{k}	1.840^{k}	1.042^{k}
Traction calculée par mètre carré de chauffe	22^{k}.3	20^{k} 3	19^{k}.6	16^{k}.3
Poids de la machine et du tender avec approvisionnement complet	29 800	46 300	47.200	48.200
Poids de la machine calculé par mètre carré de chauffe	476	486	289	289

[1] La pression effective est moindre de 1 atmosphère.

Les conditions d'établissement de la locomotive à quatre cylindres qui ressortent du tableau ci-dessus sont satisfaisantes. Ses deux essieux moteurs, sans être surchargés, ont une grande adhérence, et leur force de traction est considérable. La production de vapeur, avec une surface de chauffe aussi développée, alimentera facilement les cylindres, puisque la traction calculée n'est que de 16^{k} par mètre carré de chauffe, tandis qu'elle est de 19 à 22 dans les autres types.

Le poids total du moteur avec approvisionnements complets, comparé à la surface de chauffe, n'est que de 289k, tandis qu'il est de 377 dans les mixtes Engerth et de 480 pour les locomotives Buddicom et Crampton.

Il y a cependant une observation qui se présente naturellement à l'esprit : elle concerne le diamètre des roues motrices. Ce diamètre n'est que de 1m60, tandis que dans les locomotives des trains express on donne en général plus de 2 mètres.

Nous dirons d'abord que l'expérience a démontré que les très-grands diamètres ne sont pas nécessaires. Nous-même, après avoir fait des locomotives système Crampton, avec roues de 2m30, nous sommes revenu au diamètre de 2m10 que présentent nos premières locomotives de ce système, et celles-ci vont au moins aussi bien que les autres.

Si l'on examine avec attention cette question, il semble jusqu'à un certain point que la diminution du diamètre des roues motrices ne peut avoir que des avantages si elle est accompagnée d'une diminution encore plus grande dans la course des pistons, si, en un mot, le rapport de la vitesse de la roue à celle du piston est plus grand.

En nous reportant au tableau précédent, nous voyons que, lorsque dans la locomotive à quatre cylindres le piston marche à 1 mètre de vitesse par 1", la circonférence de la roue est animée d'une vitesse de 7m39 ;

Dans la locomotive Crampton cette vitesse est de 6 mètres;

Dans la locomotive Buddicom de 5m45, et enfin, dans les locomotives mixtes Engerth, cette vitesse n'est que de 4m86.

Il en résulte que, pour la même vitesse de marche d'un train, la vitesse du piston sera beaucoup plus faible dans la locomotive à quatre cylindres que dans les autres.

Si nous prenons, par exemple, la vitesse de nos express du Nord qui est de 72 kilomètres à l'heure ou 20 mètres par 1", la vitesse du piston sera respectivement :

		Vitesse		Rapports.
Dans la machine à quatre cylindres de		2$2^{m}71$	par 1″	1.000
—	Crampton	$3^{m}33$	—	1.229
—	Buddicom	$3^{m}66$	—	1.350
—	mixte Engerth . .	$4^{m}11$	—	1.517

On voit donc que la vitesse des pièces mobiles sera sensiblement moindre. Mais, en outre, le poids de ces pièces est bien plus faible, puisque la tige du piston et la bielle sont plus courtes à cause du peu de longueur de la course.

Les poids des pièces animées d'un mouvement alternatif pour un des cylindres sont :

		Poids.	Rapports.
Pour la locomotive à quatre cylindres. .		101^{k}	1.000
—	Crampton	227	2.247
—	Buddicom	127	1.257
—	mixte Engerth . .	334	3.307

Le travail de la force perturbatrice résultant du mouvement alternatif du piston, de la bielle, etc., est proportionnel au poids de ces pièces et au carré de leur vitesse moyenne. Ce travail s'établit donc dans les proportions ci-dessous :

		Rapports.
Locomotive à 4 cylindres .		$1.000 \times 1.000 \times 1.000 = 1.000$
—	Crampton . .	$2.247 \times 1.229 \times 1.229 = 3.391$
—	Buddicom . .	$1.257 \times 1.350 \times 1.350 = 2.292$
—	mixte Engerth.	$3.307 \times 1.517 \times 1.517 = 7.609$

L'influence perturbatrice résultant du mouvement alternatif des pistons et de leur mécanisme est donc bien moindre dans les locomotives à quatre cylindres que dans les autres types de locomotives à voyageurs employées au chemin de fer du Nord.

Mais on ne doit pas se dissimuler que le nombre de tours par 1″, pour la même vitesse de marche, sera plus grand, et à 72 kilomètres de vitesse à l'heure, par exemple, la locomotive à quatre cylindres devra faire quatre tours par 1″ quand la machine

Crampton n'en fait que trois. Il doit en résulter une plus grande usure qu'il est difficile d'apprécier.

Supposons cependant que l'on en tienne compte par un coefficient proportionnel au nombre de tours; les rapports ci-dessus deviendraient :

			Rapports.
Locomotive à quatre cylindres	.	1.000	— 1.000
— Crampton	. . .	$3.391 \times \frac{1.60}{2.10}$	$= 2.584$
— Buddicom	. . .	$2.292 \times \frac{1.60}{1.85}$	$= 1.983$
— mixte Engerth	.	$7.609 \times \frac{1.60}{1.759}$	$= 7.000$

Il paraît donc certain que la réduction dans le diamètre des roues n'amènera pas un obstacle sérieux à la marche à grande vitesse de cette locomotive.

L'emploi des petites roues est une condition du système aussi bien pour les roues porteuses que pour les roues motrices; il a pour résultat d'obtenir un *poids mort* très-réduit. Avec des fusées à large surface et un bon graissage, on n'a pas à craindre de voir les boîtes chauffer. — Les trois essieux du milieu ont du jeu latéralement, de manière à se déplacer naturellement dans les courbes.

Quant à l'emploi d'un double mécanisme, il ne présente pas de difficultés : les deux distributions de vapeur sont commandées par le même levier de changement de marche, de façon que les deux groupes de machines marchent non-seulement dans le même sens, mais avec la même détente.

Il y a deux régulateurs distincts pour avoir la faculté de régler à volonté l'admission de la vapeur dans les cylindres de chaque groupe.

En résumé les locomotives à quatre cylindres remorqueront à la même vitesse et sur les mêmes rampes des trains plus lourds ; elles

pourront monter sur des rampes plus fortes le même train à une plus grande vitesse.

Locomotives à marchandises. — L'insuffisance d'adhérence que nous avons signalée dans les locomotives à voyageurs existe au même degré pour les locomotives à marchandises. — Il importe donc pour ces dernières d'utiliser pour l'adhérence le poids total du moteur et de ses approvisionnements; c'est ce qui est réalisé dans la locomotive de fortes rampes envoyée en nature à l'Exposition, et dans la locomotive à marchandises à quatre cylindres et six essieux accouplés par groupes de trois, dont le plan est exposé. La faible dimension des roues (1m065) est motivée par l'obligation d'avoir le foyer au-dessus des roues, de diminuer le poids du moteur et de ne pas exagérer l'écartement des essieux extrêmes. La locomotive à marchandises à quatre cylindres présente un écartement de 6 mètres entre les essieux extrêmes : elle passerait donc avec difficulté dans les petites courbes, si ses essieux extrêmes n'avaient pas beaucoup de jeu dans leurs coussinets, aussi leurs fusées permettent-elles un jeu de 15 millimètres de chaque côté, soit en tout 30 millimètres; ainsi disposée la locomotive, avec ses deux essieux moteurs écartés de 3m72 passera facilement dans les courbes d'un rayon de 200 mètres.

Voici les principales dimensions et les calculs de puissance de traction de divers types de locomotives à marchandises employées sur le chemin de fer du Nord, comparées aux locomotives exposées :

	PETITES MACHINES. — 3 essieux couplés.	MOYENNES CREUSOT — 3 essieux couplés	GROSSES ENGERTH — 4 essieux couplés	FORTES RAMPES. — 4 essieux couplés.	A QUATRE CYLINDRES. — 6 essieux couplés.
Surface de grille	0.880	1.430	1.914	2.620	3.350
Surface de chauffe.	74 10	126.600	196 19	166 82	215 35
Tension absolue de la vapeur[1].	7 atm	7 atm	8 atm.	9 atm	9 atm.
Diamètre des cylindres.	0.380	4.460	0.500	0.480	0 420
Surface des pistons.	0 2268	0 3324	0.3927	0.3619	0 5542
Course des pistons	0 610	0.680	0 660	0.480	0 440
Diamètre des roues motrices.	1.258	1.425	1.258	1.065	1.065
Circonférence des roues motrices.	3.952	4.477	3.952	3 346	3.346
Poids sous les roues motrices.	22.000	33.900	40.300	43.000 40 000 37 000	57.000 54 000 48.000
Rapport de la vitesse de la roue à la vitesse des pistons.	3.24	3 29	2.00	3.42	3.80
Traction théorique par atmosphère effective.	723[1]	1 033[1]	1.555[1]	1 505[1]	1.505[1]
Traction calculée avec coefficient de 0,65 de la pression effective[2]	2.820	4.020	6.105	5.574	7 826
Rapport de la traction calculée au poids fournissant l'adhérence	0 123	0.118	0.152	0.130 0 139 0.151	0.136 0.145 0.163
Traction calculée par mètre carré de grille.	3.204	2.817	3 171	2.127	2.350
Traction calculée par mètre carré de chauffe.	38	31 8	38 3	34.4	36 6
Poids de la locomotive et du tender avec ses approvisionnements complets	39.000	51.700	62.800	43.000	56.000
Poids de la machine, etc., par mètre carré de chauffe.	526	408	319	258	264

[1] La pression effective est moindre d'une atmosphère.
[2] Ce coefficient n'a rien d'absolu

Le tableau ci-dessus fait voir que la locomotive Engerth, comme nous l'avons dit ailleurs, présentait déjà un grand avantage, au point de vue du poids mort, sur nos autres types employés. Le poids du moteur avec ses approvisionnements au complet qui était par mètre carré de chauffe de 526 kilogrammes dans les petites locomotives, et de 417 kilogrammes dans les moyennes à trois essieux couplés, avait été réduit à 319k dans la grosse

Engerth à quatre essieux couplés. Ce poids n'est plus que de 258k dans la locomotive de fortes rampes envoyée en nature à l'Exposition.

Avec un approvisionnement de 6,000 kilogrammes d'eau et 2,000 kilogrammes de combustible, cette locomotive pèse 43,280 kilogrammes selon la répartition ci-dessous :

Essieu d'avant	10,590 kilogram.
Deuxième essieu..	10,755
Troisième essieu	10,655
Essieu d'arrière..	11,280
Total.	43,280 kilogram.

Quand les approvisonnements sont à demi épuisés, la répartition se modifie ainsi :

Essieu d'avant	10,320 kilogram.
Deuxième essieu	9,705
Troisième essieu.	9,320
Essieu d'arrière	9,960
Total.	39,305 kilogram.

Les locomotives de fortes rampes sont un peu moins puissantes que nos grosses Engerth, mais elles sont incomparablement plus légères; elles remorquent sur faibles pentes des trains moins lourds que les Engerth, mais sur des rampes de 18 millimètres par mètre cette différence s'annule. Sur des rampes de 25 millimètres et au-dessus elles remorquent davantage, cela s'explique facilement puisqu'elles pèsent 20,000 kilogrammes de moins.

La locomotive à marchandises à quatre cylindres et six essieux accouplés par groupe de trois, dont le plan seul est à l'Exposition, est en cours d'exécution dans les ateliers de MM. Ernest Gouin et Ce. C'est la première étape d'une nouvelle augmentation de puissance de locomotive. Notre intention est de faire faire à cette locomotive un service analogue à celui que nous tirons des grosses

Engerth. — Les 40 locomotives de cette espèce que nous possédons depuis 1856 nous servent à remorquer les lourds trains composés de wagons chargés chacun de 10 tonnes de houille; elles sont pour nous d'une très-grande utilité, surtout pendant l'hiver, puisque une seule locomotive remorque 115 p. 100 de plus que nos petites locomotives, et 50 p. 100 de plus que nos moyennes. Leur parcours kilométrique, qui a été en moyenne de 25,000 kilomètres pendant l'année 1861, indique bien qu'elles fonctionnent d'une manière satisfaisante, surtout si l'on tient compte de l'obligation de restreindre leur marche pendant sept mois de l'année : le mouvement journalier des charbons, pendant l'été, n'étant guère que la moitié du mouvement en hiver.

La locomotive à quatre cylindres coûtera moins d'acquisition que la grosse Engerth, puisque son poids à vide est moindre de 4,000 kilogrammes.

Néanmoins, sa surface de chauffe aura 214 mètres carrés au lieu de 197 mètres; elle aura l'adhérence de six essieux chargés de 48 à 57 tonnes, au lieu de l'adhérence de quatre essieux pesant 40 tonnes. Elle sera donc sensiblement plus puissante et fera sur nos lignes, avec facilité, un service analogue à celui de nos grosses Engerth.

Mais il est bien évident qu'en augmentant encore la surface de la grille et du foyer en faisant usage d'une chaudière de $1^{m}50$ de diamètre, au lieu de $1^{m}45$, et de tubes de 4 mètres de longueur, au lieu de $3^{m}50$, on pourra avoir une locomotive encore plus puissante, sans dépasser une charge de 10,000 à 11,000 kilogrammes sur chaque essieu.

On arrivera ainsi à une locomotive ayant 250 mètres carrés de surface de chauffe et une puissance de traction effective de 8,400 kilogrammes. — Deux locomotives de ce genre, l'une en tête, l'autre en queue, seraient en état de remorquer un train de 180,000 kilogrammes de poids brut sur des rampes de 50 millimètres par mètre, rampes que l'on sera peut-être amené à accepter si l'on veut surmonter à court délai les grands faîtes de partage.

Résumé. — Les trois types des locomotives exposées émanent du même principe. — Puissante production de vapeur avec emploi

de combustible à bas prix ; — forte adhérence sans exagérer le poids sous chaque roue ; — grande puissance de traction avec des mécanismes relativement légers ; — enfin, réduction considérable du poids mort, avec tous les avantages qui en découlent.

Dispositions communes aux trois types de locomotives. — Les trois types de locomotives exposés offrent les particularités communes suivantes :

1. *Générateur.* — Le générateur proprement dit, le sécheur et les tuyaux de vapeur sont recouverts d'une enveloppe en laiton poli presque inoxydable, n'exigeant aucune peinture et conservant mieux la chaleur que les enveloppes en tôle peinte.

Des douves en bois de sapin, assemblées à rainures, sont placées sous le laiton, au corps cylindrique principal et au foyer. Les tuyaux de vapeur sont préalablement garnis de corde molle goudronnée. Au sécheur, l'enveloppe en laiton recouvre directement la tôle formant carneau pour les gaz chauds, mais elle en est séparée par un matelas d'air de 15 à 20 millimètres d'épaisseur.

Le foyer affecte la forme d'un cube. En le plaçant au-dessus des longerons on a pu lui donner une largeur plus grande que celle de la voie. La paroi plane du dessus est reliée à la boîte à feu intérieure, comme pour les faces verticales, au moyen d'entre toises en fer ayant tête forgée à l'intérieur et rivure ou écrou à l'extérieur.

Les huit locomotives de fortes rampes qui restent à livrer sur la commande de vingt, aussi bien que les dix locomotives à marchandises à quatre cylindres, paraissant appelées à fonctionner sur des pentes de cinq centimètres par mètre (1,20^e), auront le ciel de la boîte à feu intérieure incliné sur le même angle, de l'avant vers l'arrière, afin que sur les pentes la surface immergée soit parallèle au plan d'eau.

Pour ces machines, un niveau d'eau spécial sera ajouté sur le côté du corps cylindrique dans la ligne d'intersection des plans d'eau qui s'établissent au passage des paliers sur pentes et rampes de cinq centimètres (1/20e).

La grille est du système breveté de M. Belpaire, pour brûler les charbons menus ; elle est composée de barreaux en fonte avec jette-

feu. Le vide entre les barreaux est réglé à *six* millimètres pour les charbons que l'on emploie aujourd'hui.

La porte de charge, qui est en fonte, garnie de briques réfractaires pour les premières machines, et en tôle avec contre-porte pour les autres, a 80 sur 45 centimètres d'ouverture. Elle est à deux vantaux avec prise d'air se réglant à volonté.

Le cadre du bas de foyer, en fer forgé, forme à la fois support de chaudière et encadrement de porte de charge.

La surface de chauffe tubulaire est composée de tubes en laiton (alliage 70 cuivre et 30 zinc) à épaisseur variable et à bout renflé du côté de la boîte à fumée.

Les tubes ont 1 3/4 millimètres d'épaisseur à la boîte à feu, 1^{mm} 1/4 près de la boîte à fumée, et 2^{mm} sur 50^{mm} de longueur à la partie renflée. Ces différentes cotes correspondent *pour le poids*, à une épaisseur moyenne constante de 1^{mm} 1/2.

Les tubes sont posés sans virole dans la boîte à fumée et avec viroles de deux millimètres d'épaisseur dans la boîte à feu. Les trous dans les plaques, les viroles et les tubes, à l'endroit de leur assemblage, présentent rigoureusement l'inclinaison de 1/40e, de manière à assurer un contact intime sur toute la surface du joint.

Le sécheur de vapeur est établi avec tubes en fer de 80 millimètres de diamètre extérieur et 3 millimètres d'épaisseur. Les tubes sont montés sans virole dans les deux plaques tubulaires.

L'appareil est disposé de manière que les gaz chauds passent à la fois dans les tubes et au pourtour du corps cylindrique contenant la vapeur. L'épaisseur des tôles du cylindre est déterminée par la formule applicable aux générateurs chauffés par l'extérieur.

La cheminée a dû être placée horizontalement pour avoir la longueur nécessaire à un bon accomplissement du tirage artificiel. Elle est recourbée à son extrémité pour lancer verticalement les produits de la combustion. Le capuchon s'applique sur un évasement particulier qui arrête les descentes d'eau de condensation pendant la marche.

La plate-forme du mécanicien offre un espace longitudinal de $1^{m}50$, dans œuvre, pour les machines de fortes rampes, et $1^{m}70$ pour les machines à voyageurs et à marchandises à quatre cylindres.

Elle a été surmontée d'une toiture d'abri contre les crachements accidentels de la cheminée.

Le cendrier est composé de trois parties. La partie centrale affecte la forme d'un double plan incliné pour ramasser l'air et le faire monter vers la grille dans les deux sens de la marche.

L'alimentation est faite par deux injecteurs Giffard. Sur un certain nombre de machines, les appareils sont placés verticalement, sur la plate-forme du mécanicien, pour les autres, ils seront montés horizontalement, sur le foyer ou de chaque côté du foyer. Dans ces deux derniers cas, l'eau qui s'échappe quelquefois du trop-plein de l'appareil retourne dans la soute à eau. On a adopté deux Giffards par machine pour mieux assurer l'alimentation en toutes circonstances.

La chaudière n'est reliée au châssis que par les deux extrémités.

2. *Châssis et roues.* — Le châssis est formé d'une seule pièce de chaudronnerie. Il offre de très-grandes garanties de solidité et de durée. Parfaitement entretoisé, au moyen des caisses spéciales d'avant et d'arrière, par des armatures transversales et enfin par la soute à eau. Dans de semblables conditions d'établissement, on comprend qu'il n'ait pas été nécessaire de le relier à la chaudière autrement que par les supports de celle-ci.

Les longerons sont débités dans des tôles sans soudure. Ils sont intérieurs aux roues et à la suspension, laissant par conséquent les boîtes à graisse aussi accessibles que possible.

Les rampes sont établies avec portes sur le devant pour ménager une circulation des hommes de service à l'intérieur. La grande largeur des tabliers et surtout leur élévation au-dessus de la voie ne permet pas la circulation en dehors.

Les caisses à outils, caisses à effets, coffre d'agrès, sont aménagés dans les caisses-entretoises d'avant et d'arrière et dans les côtés de la plate-forme du mécanicien. Dans la partie haute de la caisse-entretoise des longerons qui reçoit la boîte à fumée, il sera disposé une cinquième caisse.

L'attelage se fait sur un ressort Brown au moyen d'un crochet à longue tige articulée avec une espèce de cheville ouvrière rappro-

chant le centre de l'attelage le plus possible de l'essieu d'arrière.

Les roues sont entièrement en fer forgé et les contre-poids venus de forge. Ces contre-poids équilibrent environ le tiers des perturbations provenant de pièces animées d'un mouvement rectiligne alternatif.

3. *Mécanisme*. — Tout le mécanisme, distribution, propulsion, accouplement et même boîtes à graisse, est extérieur, ce qui rend la surveillance et le nettoyage très-faciles.

En contre-coudant les longerons, les pattes des cylindres ne sont pas plus longues qu'avec les longerons extérieurs à la suspension.

Le relevage est double et se fait par une grande tringle située de chaque côté de la machine.

Les pistons, segments compris, sont composés de quatre pièces dans les machines de fortes rampes et dans les machines à marchandises à quatre cylindres, de trois pièces seulement dans la machine à voyageurs à quatre cylindres. Leur mode de construction et l'emmanchement de la tige avec la tête sont à remarquer.

Les graisseurs portent des couvercles d'une disposition particulière où rien ne peut se détacher.

Les approvisionnements d'eau et de combustible ont été réduits au juste nécessaire. L'eau, formant le plus grand poids, est placée sous le corps cylindrique, afin de maintenir autant que possible l'égale répartition de la charge sous les roues, dans toutes les conditions d'approvisionnement.

Dispositions particulières à la locomotive à voyageurs à quatre cylindres. — Le régulateur est double et possède un double mouvement pour régler l'admission, à volonté, sur l'un ou l'autre système moteur.

Les boîtes des trois paires de roues de support laissent aux essieux la faculté de se déplacer dans le sens de l'axe de deux centimètres environ. A cet effet, les fusées des essieux sont renflées et permettent d'employer un mode de construction de boîte s'opposant à la pénétration de la poussière à l'intérieur.

Toutes les boîtes sont graissées à l'huile et par en dessous.

Le mécanisme des deux groupes moteurs est entièrement sem-

blable. Les relevages étant manœuvrés par un levier commun se font équilibre.

La soute à eau, sous la chaudière, contient 5,000 kilogrammes; celle d'arrière, formant soute à charbon, en contient 2,000; au total, 7,000 litres d'eau. La soute à charbon contient 2,000 kilogrammes.

Contrairement aux indications du dessin exposé, les balanciers compensateurs seront placés entre les roues motrices et les roues de support voisines. L'essieu du milieu recevra des ressorts d'une grande élasticité.

La répartition de la charge sous les roues est indiquée par le tableau des conditions principales d'établissement.

Une sablière est placée entre les longerons sous la plate-forme du mécanicien.

Dispositions particulières à la locomotive de fortes rampes. — La machine exposée ne présente pas les dispositions relatées plus haut pour fonctionner sur pentes et rampes de cinq centimètres par mètre (1/20e) aussi sûrement que sur les inclinaisons ordinaires.

Le châssis porte des marchepieds à l'avant pour faciliter les manœuvres dans les gares et stations. Les machines de fortes rampes sont appelées à manœuvrer plus souvent qu'aucun autre système sur les embranchements d'usines, etc.

Le ressort de suspension, commun à la 2e et à la 3e paire de roues, est établi avec bras inégaux, afin de tenir compte du plus grand poids porté directement par l'essieu moteur, et du plus grand poids de la paire de roues elle-même.

Les tuyaux d'échappement sont logés dans les carreaux longitudinaux du sécheur.

Une sablière est placée sur la cheminée. Le tuyau distributeur est disposé pour rendre la sablière également efficace dans les deux sens de la marche de la machine. Les valves de distribution sont placées à l'extérieur du coffre pour être affranchies de la compression produite par le sable, qui pourrait les empêcher de fonctionner.

La connexion de la deuxième bielle d'accouplement avec la troisième mérite d'être signalée.

Dispositions particulières à la machine à marchandises à quatre cylindres. — Le régulateur est semblable à celui des machines à voyageurs à quatre cylindres.

Le dessin exposé n'indique pas les dispositions particulières à la marche sur rampes de cinq centimètres, mais elles seront introduites dans la construction.

Les boîtes des essieux extrêmes sont semblables à celles des essieux de support de la machine à voyageurs; toutefois le jeu total est ici de trois centimètres environ.

Ce jeu de trois centimètres des essieux extrêmes dans les boîtes, combiné avec la double articulation des bielles d'accouplement extrêmes, et l'emploi, pour les boudins des roues de milieu, du profil appliqué à toutes nos roues de milieu, permettra aux machines de circuler avec facilité dans les courbes de 200 mètres de rayon. Elles passeront d'ailleurs, sans plus de difficulté que les autres machines, dans tous les raccordements de voies.

Toutes les boîtes sont graissées à l'huile et par en dessous.

Des balanciers compensateurs entre les trois paires de roues de chaque système permettent d'obtenir une répartition de la charge aussi régulière que possible, dans toutes les conditions d'approvisionnement.

Comme dans la machine de forte rampe, une sablière est placée sur la cheminée et distribue le sable pour les deux sens de la marche. On comprend que cela est indispensable pour des machines à marchandises qui ont si fréquemment l'occasion de refouler les trains dans les garages pour laisser passer les trains de vitesse.

Les mécanismes des deux groupes moteurs sont entièrement semblables. Les relevages sont manœuvrés par un levier commun et se font équilibre.

La soute à eau sous la chaudière contient 6,000 kilogrammes, celle placée à l'arrière 2,000 kilogrammes; au total, 8,000 kilogrammes. La soute à charbon contient 2,200 kilogrammes.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT	LOCOMOTIVES A VOYAGEURS.				LOCOMOTIVES A MARCHANDISES.				
	BUDDICOM	CRAMPTON	MIXTE ENGERTH	A QUATRE CYLINDRES	PETITES.	MOYENNES.	GROSSES ENGERTH.	FORTES RAMPES	4 CYLINDRES.
Grille. — Longueur	0m,952	1m,258	1m,282	1m,475	0m,949	1m,100	0m,440	1m,475	1m,850
Grille. — Largeur	1 057	1 056	1 050	1 775	0 951	1 020	1 550	1 775	1 810
Grille. — Surface	0mq,985	1mq,306	1mq,740	2mq,620	0mq,880	1mq,450	1mq,944	2mq,620	3mq,350
Hauteur du ciel du foyer au dessus de la grille — à l'avant	1m 200	1m,202	1m,645	1m,327	1m,277	1m,060	1m,655	1m,327	1m,320
Hauteur du ciel du foyer au dessus de la grille — à l'arrière				1 160	1 138	1 320	1 500	1 210	1 160
Diamètre intérieur de la chaudière	1 215	1 215	1 271	1 278	0 050	1 500	1 500	1 278	1 450
Tubes. — Nombre	162	167	180	336	126	250	254	336	[illegible]
Tubes. — Longueur	2m,740	3m,657	4m,200	3m,500	3m,800	3m,215	5m,000	3m,500	3m,400
Tubes. — Diamètre extérieur	0 045	0 050	0 050	0 040	0 050	0 050	0 [illegible]	0 040	0 046
Tubes. — Épaisseur	0 002	0 002	0 002	0 0015	0 002	0 002	0 0022	0 0015	0 0015
Section de passage de la fumée dans les tubes	0mq,2140	0mq,2771	0mq,2991	0mq,3827	0mq,2075	0mq,4452	0mq,4911	0mq,3827	0mq,4988
Surface de chauffe — Foyer	5 410	6 5113	8 5000	10 0000	5 5000	9 050	10 7400	10 0000	10 6100
Surface de chauffe — Tubes	57 170	91 0850	117 0000	144 7000	68 000	117 550	186 2500	144 7000	189 0000
Surface de chauffe — Sécheur	»	»	»	12 000	»	»	»	12 0000	15 3700
Surface de chauffe — Totale	62 580	97 5941	125 5000	166 8200	74 100	126 600	196 9900	166 8200	217 5500
Tension de la vapeur	7 atm.	8 atm	8 atm	9 atm	7 atm	7 atm	8 atm	9 atm	9 atm
Cylindres — Diamètre	0m,380	0m,420	0m,420	0m,360	0m,380	0m,460	0m,500	0m,480	0 [illegible]
Cylindres — Course des pistons	0 535	0 560	0 560	0 340	0 610	0 680	0 660	0 480	0 440
Diamètre des roues motrices	1 840	2 100	1 759	1 060	1 258	1 427	1 258	1 060	1 065
Contenance de la soute à eau	4,100	7,000	5,000	7,000	5,800	7,000	8,500	5,800	8,000
Approvisionnement de combustible	1,000	1,500	1,500	2,000	1,500	1,500	2,000	2,000	2,200
Poids — Machine pleine comme au départ	18,200	27,800	47,405	48,570	27,900	33,800	42,800	45,000	[illegible]
Poids — Tender plein comme au départ	11,600	18,500			16,100	17,800			
Poids — Machine vide	16,000	24,000	36,317	36,600	20,900	28,800	44,770	[illegible]	41,000
Poids — Tender vide	6,200	9,700			8,500	9,000			
Poids adhérent, approvisionnements complets	9,200	11,000	22,400	21,400	22,900	33,800	40,500	[illegible]	[illegible]
Répartition du poids sur les rails avec approvisionnements complets — 1 Essieu d'avant	6,600	10,700	17,400	10,000	8,000	15,000	10,100	11,000	9,162
2	9,200	6,100	11,000	8,500	7,500	15,000	9,200	10,500	9,162
3	2,400	11,000	8,200	9,000	7,000	7,800	9,900	10,500	9,162
4	5,440	9,300	8,200	9,000	7,900	9,100	11,100	11,000	10,058
5	6,200	9,300	8,770	11,400	8,200	8,700	10,800	»	10,058
6	»	»	»	»	»	»	11,000		10,057

3° *Extrait du rapport de la Société autrichienne.*

Machine Duplex. — Les ingénieurs de la compagnie autrichienne, avant de décrire la disposition particulière de la machine Duplex, ont cru devoir rappeler le mode d'action des différentes causes sur le mouvement des locomotives, causes que cette disposition a pour but de combattre.

Bien que nous ayons déjà indiqué brièvement quel était ce mode d'action, l'exposé qui en a été fait par le rédacteur du mémoire publié par la société, est tellement clair et complet que nous avons jugé utile de le reproduire.

Influence des dispositions de la locomotive Duplex sur les perturbations de mouvement. — I. — Dans une locomotive en action, la marche normale que l'on cherche à obtenir subit des perturbations dues principalement au mouvement de certaines pièces qui déplacent à chaque instant le centre de gravité de la masse entière. Le mouvement de ces pièces fait naître des actions dont la résultante sur le centre de gravité varie d'intensité et pour quelques-uns aussi de direction et dont les moments par rapport aux axes passant par le centre de gravité ne s'équilibrent pas d'une manière constante.

II. — Les pistons avec leurs tiges, les bielles et d'autres parties du mécanisme, ont un mouvement de va-et-vient par rapport à la masse totale qui repose sur les ressorts, et dans une certaine mesure, le mouvement de rotation des manivelles vient encore aggraver les effets de ce va-et-vient.

Les forces qui naissent de l'inertie de ces masses sous l'influence de ces mouvements alternatifs, peuvent être considérées à deux points de vue.

Reportées au centre de gravité, ces forces agiront, tantôt vers l'avant, tantôt vers l'arrière et produiront *un mouvement saccadé longitudinal d'avant en arrière et d'arrière en avant.*

L'intensité de cette perturbation (qui ayant lieu dans le sens de la voie, ne compromet pas la sûreté de la marche) croîtra du reste avec la grandeur relative des masses à mouvement alternatif par

rapport à la masse entière ; elle deviendra donc plus grande à mesure que le nombre de roues couplées augmentera et sera un minimum, par suite, sur les machines rapides qui n'ont en général que deux roues motrices ; mais pour ces dernières machines, le nombre de saccades par minute augmentant avec la vitesse de marche, la perturbation dont nous nous occupons pourra avoir une influence pernicieuse sur la durée de toutes les pièces de la locomotive.

III. — Les mêmes forces, considérées dans leur position propre, tendront à faire tourner la machine horizontalement autour de son centre de gravité, tantôt *de gauche à droite*, *tantôt de droite à gauche*, parce que leurs actions des deux côtés de la machine sont en partie concordantes, en partie opposées, et changent alternativement de direction. Ces oscillations désignées généralement sous le nom de *mouvement de lacet*, nuisent à la voie et peuvent, avec un concours de circonstances défavorables, amener des déraillements. C'est surtout pour les locomotives rapides qu'il est essentiel de chercher à remédier à cette perturbation.

IV. — Il y a encore dans la marche de la locomotive d'autres mouvements désordonnés comme *le roulis* ou balancement de la machine autour de son axe longitudinal ; l'*ondulation* de toute la masse qui porte sur les ressorts de suspension ; *le galop* ou les élans autour d'un axe transversal horizontal. Ces mouvements sont produits ou favorisés par la pression qu'exercent sur les glissières les têtes des tiges de piston de bas en haut dans la marche en avant ; de haut en bas dans la marche en arrière ; par le jeu des ressorts, par la distribution mal combinée de la charge et d'autres détails défectueux de la machine ; par les inégalités de la voie, etc., etc.

V. — L'inertie des manivelles et des pièces qui s'y rattachent produit une force centrifuge qui croît comme le carré de la vitesse dont les manivelles sont animées ; la composante verticale de cette force agit tantôt de haut en bas, tantôt de bas en haut, et tend à surcharger et à décharger alternativement les roues motrices. La transmission de l'action de la vapeur par bielles contribue aussi à augmenter la charge des roues motrices dans la marche en avant et à la diminuer dans la marche en arrière, mais cette action est moins considérable que la précédente.

VI. — On peut empêcher le mouvement longitudinal saccadé et le mouvement de lacet dont il a été question aux 1 et 2, au moyen de contrepoids ajoutés aux roues motrices, et de dimensions telles, que dans leur mouvement de rotation, ils exercent une action horizontale égale et opposée à celle des masses en mouvement, qui produisent les deux perturbations dont il s'agit; mais malheureusement en allant jusqu'à cette limite, l'action verticale des contrepoids dépasse beaucoup l'action en sens contraire des manivelles et des pièces qui s'y rattachent et produit ainsi des perturbations de la nature de celles indiquées au 5, mais notablement plus intenses.

Ces actions qui augmentent et diminuent alternativement la charge des roues motrices sont nuisibles dans les deux cas.

En diminuant la charge, elles réduisent l'adhérence qui quelquefois et surtout dans les machines rapides, est juste insuffisante à l'état normal. Il en résulte donc une tendance au patinage, et dans des conditions défavorables, il peut en résulter aussi des déraillements. En augmentant la charge, les actions dont il s'agit, soumettent souvent les bandages et les rails à des efforts, qui dépassent les limites qu'il faut se fixer dans un intérêt de conservation.

Aussi, quoique chacun reconnaisse le besoin de supprimer le mouvement de lacet, beaucoup d'administrations ne donnent pas aux contre-poids toute la masse qu'il faudrait pour l'equilibre horizontal des actions dues à l inertie des pièces en mouvement.

VII. — Les dispositions adoptées pour la machine *Duplex* donnent sensiblement à la fois l'equilibre horizontal et l'équilibre vertical pour les pièces en mouvement et tendent par conséquent à faire disparaître à peu près complètement, les mouvements désordonnés des 2 et 3 et les variations de charge des roues (5°).

En effet l'application proposée de deux engins complets à vapeur, agissant de chaque côté sur des manivelles directement opposées, contre-balance chaque action par une action égale et directement contraire. Sur chaque côté de la machine, quand un piston avec sa tige et la bielle correspondante marche en avant, un autre piston exactement pareil par lui-même et par les accessoires marche en arrière et a la même vitesse à chaque instant. Si une manivelle

tourne de bas en haut, l'autre tourne de haut en bas exactement dans le même angle.

VIII. — L'équilibre dont nous venons de parler n'est pas absolu; cela tient à ce que les deux manivelles de la même roue ne peuvent être dans le même plan, à égale distance de l'axe de la machine, d'où il résulte que les forces pertubatrices sont bien égales, mais agissent avec des bras de leviers différents. La construction a été étudiée de manière à réduire cette différence au minimum; elle est de $0^m,1280$ seulement, mais même avec cette différence inévitable, il est évident que la combinaison proposée se rapproche très-sensiblement de l'équilibre parfait.

La condition essentielle de rapprocher autant que possible les plans des deux manivelles du même côté ne permettait pas de satisfaire à une autre condition importante aussi, celle de placer les cylindres horizontalement. L'écart sous ce rapport encore, est peu considérable dans la machine *Duplex*, car les axes des deux cylindres font avec l'horizontale deux angles égaux, qui ne dépassent pas 2° 30′.

IX. — Les dispositions de la machine *Duplex* n'améliorent pas les conditions par rapport au mouvement de roulis, d'ondulation et de galop dont il a été question au nº IV.

X. — Les dispositions de la machine *Duplex* présentent donc les avantages ci-après :

a. Elles suppriment à peu près complétement les saccades d'avant en arrière et d'arrière en avant, et le mouvement de lacet;

b. Elles donnent l'équilibre vertical des pièces en mouvement en même temps que l'équilibre horizontal et par conséquent elles n'altèrent pas la charge des roues motrices;

c. Par suite, l'allure de la machine devient beaucoup plus sûre et les rails comme les bandages sont beaucoup mieux ménagés.

XI. — Les avantages sont-ils compensés par les inconvénients du système qui oblige un double mécanisme et allonge les conduites de vapeur, ce qui semble entraîner comme conséquence un excédant de dépenses d'entretien et une déperdition de la force de la vapeur, disent les ingénieurs de la compagnie autrichienne. A cet égard, il

convient d'observer que toutes les pièces de mécanisme ne sont pas en double, et que celles qui sont en double sont en même temps de moindre dimension. Il y a en outre lieu d'espérer que, en raison même de la suppression des actions perturbatrices les plus graves, les conditions d'usure de la machine seront améliorées et que notamment la bonne conservation des bandages et des rails fera plus que compenser l'excédant d'entretien du double mécanisme.

Du reste, y eût-il, en dernière analyse, une perte comme entretien et consommation de vapeur, on jugera sans doute que ce ne serait pas acheter trop cher par là, le grand avantage, pour une machine de train express, de pouvoir marcher beaucoup plus vite en toute sûreté.

Nous avons déjà exprimé notre opinion à cet égard. Toutefois nous avons cru utile de reproduire aussi celle des ingénieurs de la compagnie autrichienne, laissant nos lecteurs libres d'apprécier les motifs qu'ils font valoir en faveur de leur système.

Machine Steierdorf. — A la description donnée du mode de construction de la machine Steierdorff, nous ajouterons quelques détails intéressants empruntés au rapport de la société autrichienne sur la forme donnée aux roues, les modifications apportées dans la construction de la voie, et le système d'attelage adopté pour faciliter le passage des courbes de petit rayon.

Il a été dit plus haut que la locomotive devait pouvoir passer facilement dans les courbes de 114 mètres de rayon et d'autre part que le poids pour l'adhérence devait être réparti sur cinq essieux

En plaçant les cinq essieux dans un même train rigide, et en adoptant pour les roues le plus petit diamètre admissible de 98 centimètres, l'écartement des essieux extrêmes serait au moins de 4 mètres.

Un tel écartement d'essieux parallèles, même s'ils pouvaient se déplacer latéralement, paraît incompatible avec des courbes d'un rayon de 114 mètres.

C'est pour cela qu'on a, d'après le système bien connu de M. Engerth, divisé les cinq essieux en deux groupes, l'un de trois, l'autre de deux essieux.

Chacun de ces deux groupes forme un train distinct, et les deux trains sont attelés ensemble par une cheville ouvrière. La chaudière et la machine sont fixées sur deux trains, ainsi qu'il a été expliqué.

Le diamètre des roues étant de 1 mètre, l'écartement des essieux extrêmes du train à trois essieux sera en exécution de $2^m,21$, écartement qui, d'après l'expérience, est admissible sans inconvénient pour les courbes considérées.

Le même écartement a été adopté pour le second train, qui n'est composé que de deux essieux.

Une des conditions les plus importantes pour la marche facile de la locomotive dans les courbes, est l'attelage convenable entre les deux trains.

Cet attelage doit être tel, que non-seulement les deux trains pris ensemble forment un seul véhicule, mais encore que chaque train, considéré séparément, puisse se placer dans les courbes de rayon quelconque de telle manière que l'axe du train se confonde précisé-

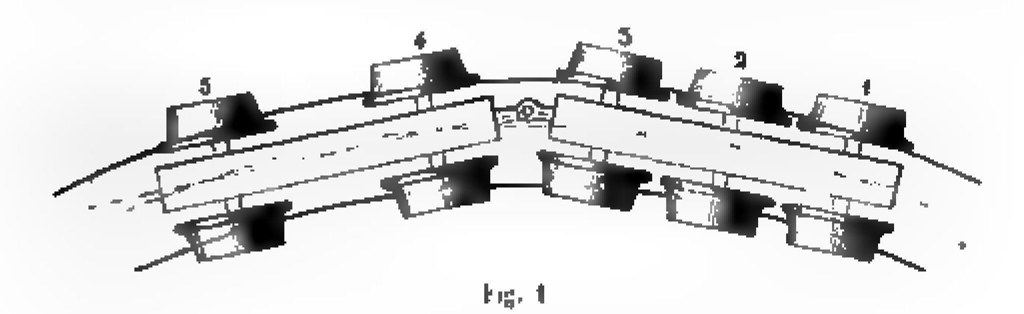


Fig. 1

ment (fig. 1), avec la corde de l'arc compris entre ses essieux extrêmes.

Soient (fig. 2) :

a l'écartement des essieux extrêmes du train de la machine;

b l'écartement des essieux du train du tender;

$om = x$, la distance entre le point d'attelage o et l'essieu le plus voisin du train de la machine;

$ow = y$ la distance entre le point d'attelage o et le premier essieu du train du tender;

$c = x + y$ la distance entre le dernier essieu du train de la machine et le premier essieu du train du tender.

En posant comme condition, pour le choix du point o, que les

deux véhicules puissent tourner autour de ce point, de telle sorte, que dans chaque courbe circulaire les deux écartements a et b

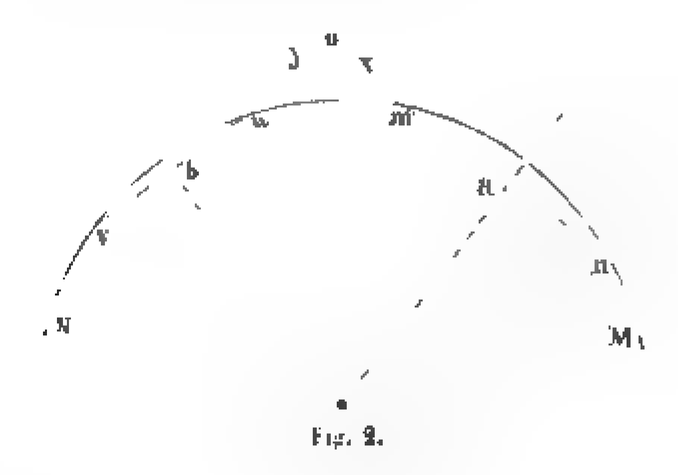


Fig. 2.

soient toujours des cordes de l'arc de cercle, compris entre les essieux, on aura pour la détermination de x et de y les équations suivantes :

$$x : y = b + y ; a + x \ldots \text{et} \ldots c = x + y,$$

d'où on déduit :

$$x = \frac{(b+c)c}{a+b+2c} \text{ et } y = \frac{(a+c)c}{a+b+2c},$$

et en faisant $a = b$, comme c'est le cas dans la locomotive *Steierdorf*, on aura :

$$x = y = \frac{1}{2} c;$$

l'attelage de la machine satisfait à cette condition.

Nous attachons beaucoup d'importance à cette condition d'attelage qui peut du reste être appliquée sans difficulté aux locomotives ordinaires à tender indépendant. Par là, les résistances dans les courbes sont réduites à un minimum, et on peut alors élargir les voies avec avantage, tandis que sans cela l'élargissement ne présenterait guère que des inconvénients.

En effet, quand un véhicule à quatre roues marche dans une courbe il se place, par des causes faciles à comprendre, obliquement comme l'indique la figure 3, c'est-à-dire que le bourrelet de la roue extérieure d'avant presse contre le rail et que le plan de

cette roue forme l'angle α avec la tangente menée à la courbe. Au second essieu, il arrive le contraire; le bourrelet de la roue extérieure s'éloigne du rail correspondant, et le bourrelet de l'autre roue s'approche du rail intérieur.

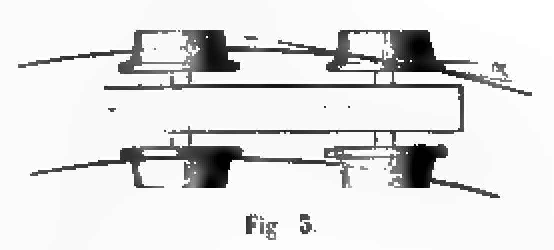


Fig 3.

Le wagon suit donc dans son mouvement une direction oblique par rapport à la voie.

Les résistances dans les courbes sont dues principalement à la pression que le bourrelet de la roue extérieure d'avant exerce contre le rail sous l'angle α et au glissement des roues sur les rails, dû à ce que les diamètres des circonférences de roulement des roues ne sont pas en rapport avec les chemins à parcourir sur les deux rails.

Pour obvier à ce glissement, on donne généralement aux bandages des roues une forme conique et on élargit la voie dans les courbes, pour arriver par là à augmenter le rayon des roues extérieures, et à diminuer celui des roues intérieures, dans la proportion du développement des deux rails. Mais ce résultat n'est réellement obtenu que si toutes les roues extérieures tendent à se rapprocher effectivement du rail qui les porte; or cela n'a pas lieu en réalité; et comme on peut le voir dans la figure 3, l'angle α, pour un même écartement des essieux, croît avec l'élargissement de la voie, et le glissement des roues augmente en raison de cet élargissement et de la conicité des bandages.

Ce que nous venons de dire d'un véhicule à deux essieux s'applique aussi à un véhicule à trois essieux, parce que la direction du wagon est commandée seulement par les deux essieux extrêmes et que l'essieu du milieu prend une position réglée sur celle des deux autres.

Les choses se passent de même quand un véhicule est attelé à un autre à la manière ordinaire par une tige de traction (fig. 4).

C'est pour cela qu'on a fait déjà plusieurs fois la proposition de

ne pas élargir la voie dans les courbes, et même de supprimer la conicité des bandages.

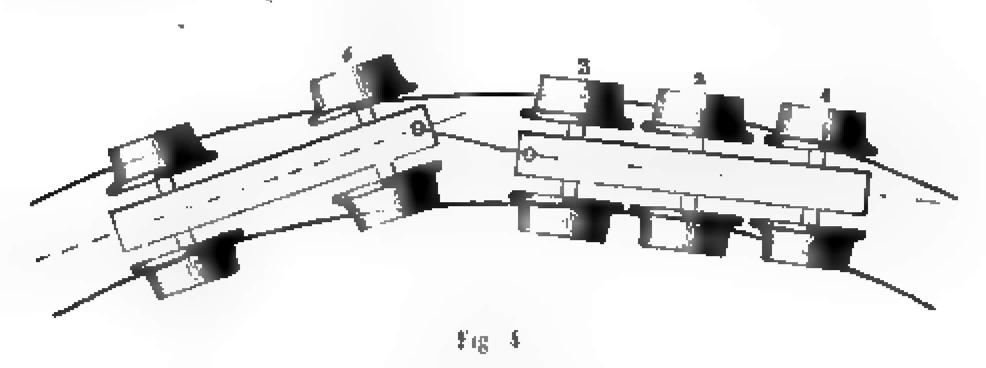


Fig. 4

Mais si l'on adopte le système d'attelage défini aux figures 1 et 2, la marche des véhicules dans les courbes devient tout autre. Avec cette disposition, le premier essieu du second véhicule qui est toujours porté contre le rail extérieur, oblige aussi le dernier essieu du véhicule précédent à s'approcher de ce rail. Dans ce cas (fig. 5), on voit que les cinq essieux des deux trains de la machine

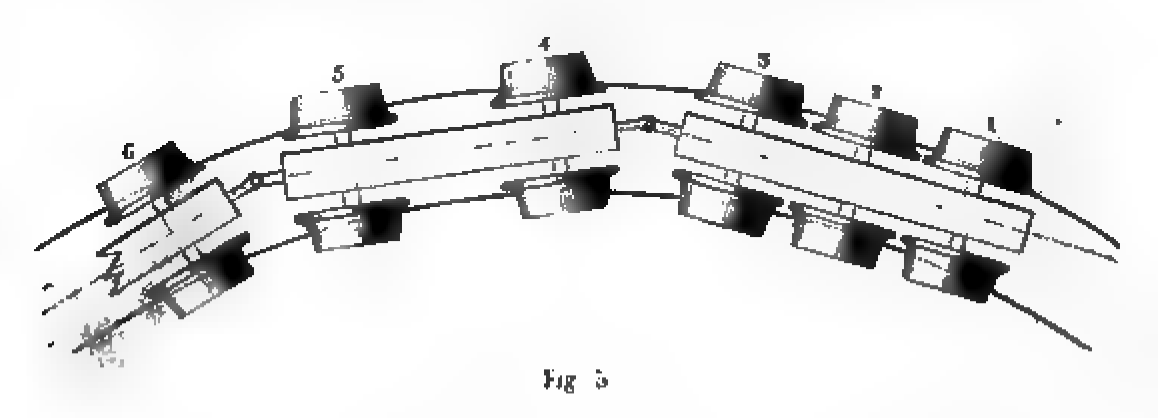


Fig. 5

se placent dans les courbes, de manière que les roues extérieures tournent, comme cela doit être, sur leur plus grande circonférence, et les roues intérieures sur leur plus petite.

L'angle α se réduit dès lors au minimum et, avec un élargissement de voie et une conicité de bandages convenables, les rayons des roues, aux points de contact avec les rails, seront en proportion avec les longueurs des chemins respectifs à parcourir, et le glissement des roues disparaîtra en totalité ou au moins en grande partie. L'élargissement de la voie et la conicité des bandages auront donc, dans ce cas, un avantage réel.

Si les deux véhicules sont suivis par un troisième, attelé à la manière ordinaire, les quatre premiers essieux se placeront favorablement, et seulement le cinquième sera mal placé.

De cet exposé, il suit que la locomotive *Steierdorf* doit marcher dans les courbes plus sûrement et plus facilement que ne le ferait un véhicule ordinaire avec un écartement d'essieux de $2^m,21$ seulement attelé à la manière ordinaire au moyen d'une tige de traction.

Les différentes positions des véhicules dans les courbes indiquées ci-dessus ont été constatées de la manière la plus nette dans les parcours d'essais faits par la locomotive *Steierdorf*, parcours dont les résultats sont consignés dans le procès-verbal qui a été dressé à la suite de ces expériences.

CHAPITRE XIX

ENQUÊTE

SUR

L'EXPLOITATION ET LA CONSTRUCTION

DES CHEMINS DE FER (1863)

L'enquête faite en 1862 et 1863, par ordre de Son Excellence le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, sur l'exploitation et la construction des chemins de fer, présente un vif intérêt à différents points de vue.

La question d'exploitation sort de notre cadre, toutefois ayant parlé, tome I[er], page 146, de la vitesse des trains, nous croyons devoir emprunter à l'enquête les chiffres qui ratifieront ou compléteront ceux que nous avons déjà donnés.

Nous extrairons ensuite de ce précieux document quelques notes relatives : 1° au chemin à une voie et à deux voies; 2° aux voies de garage et d'évitement; 3° au tracé; 4° aux économies à faire dans la construction des nouvelles lignes, d'ordre inférieur; 5° aux moyens employés ou proposés pour prévenir les accidents, 7° aux améliorations qu'il pourrait être convenable d'apporter dans l'établissement du matériel roulant.

Vitesse des trains express en marche effective. — La vitesse des trains en *pleine marche* est modifiée par les causes suivantes :

La charge, la pente, la courbure, le mode de construction du matériel et surtout des locomotives. Certaines circonstances qui exigent le ralentissement du train, telles que les bifurcations, la tra-

versée des grandes gares, l'approche des gares, lorsque la voie est masquée.

Quant à la vitesse *moyenne*, elle dépend des mêmes causes et en même temps du nombre des stations, et de la durée forcée des arrêts aux stations, durée qui varie avec la nature du service.

La vitesse maxima des trains express atteint son maximum sur le chemin de Lyon-Méditerranée (70 à 80 kil., et sur le chemin du Nord (74 à 75 kil). Elle est moindre sur les chemins d'Orléans et du Midi (55 à 60 kil), et tient le milieu sur les chemins de l'Est (66 à 70 kil.) et de l'Ouest (60 à 68 kil.).

La vitesse moyenne des mêmes trains, arrêts compris, est assez variable.

Ainsi, sur le Nord, elle est de Paris à Calais de. . 57 kilomètres.
Paris à Boulogne (train de marée). . . . . 55 —
— — (train direct). . . . . . 46 à 47 —

Sur le réseau Lyon-Méditerranée :
Paris à Lyon (par la Bourgogne). . . . . . 47 à 48 —
Lyon à Marseille. . . . . 40 à 45 —
Paris à Saint-Germain-des-Fosses . . . . . 45 à 46 —

Sur le réseau de l'Est :
Paris à Strasbourg. . . . . 47 à 49 kil. le jour.
— — . . . . 43 à 44 kil. la nuit.
Paris à Mulhouse. . . . . 39 à 41 —

Sur l'Ouest :
Paris à Rouen. . . . . 49 —

Sur le Midi :
Bordeaux à Cette. . . . . 40 —

Les Compagnies sont unanimes pour déclarer qu'elles ne pourraient augmenter la vitesse des trains express.

Pour les trains express on emploie sur le Paris-Lyon-Méditerranée, sauf les rampes de $0^m,008$ où l'on se sert de machines mixtes, des machines Crampton; sur le Nord, les mêmes machines, avec roues de $2^m,10$ de diamètre; sur l'Est, avec roues de $2^m,30$ de diamètre.

Aux chemins d'Orléans, de l'Ouest et du Midi, on se sert de

machines à roues indépendantes, système Stephens, roues de 2 mètres à 2m,10.

Parcours des machines sans renouveler leur approvisionnement d'eau. — Ce parcours dépend de la charge, il est à Orléans de 40 à 70 kilomètres; à Lyon-Méditerranée, 80 à 100, avec trains légers de huit à neuf voitures; au Nord, de 80 à 90; à l'Est, de 70 à 75, suivant la charge et la saison; à l'Ouest, de 50 à 80; et au Midi, de 40 à 50.

Vitesse des express sur le chemin à simple voie. — Aux chemins d'Orléans et de Lyon-Méditerranée elle est de 40 kil.; à l'Est de 54 à 62.

Vitesse des trains omnibus en marche et effective. — En pleine marche elle est en général, sur toutes les lignes, de 40 à 50 kilom.

La vitesse effective est sur Paris à Lyon, Bourgogne et Bourbonnais et Est (Strasbourg), de 30 à 34, kilom.; Lyon, Marseille, 27 à 30; Nord, 30 à 40; Ouest, 32 à 36; Midi, 26 à 27, Ouest, banlieue, 20 à 30; Est, banlieue, 26.

Machines employées pour trains omnibus. — Presque généralement ce sont des machines mixtes, quelquefois des machines à roues indépendantes, quand les trains ne sont pas trop chargés et que les rampes ne sont pas très-fortes.

Trains mixtes. — Ils sont de deux espèces : ceux de voyageurs, avec wagons de marchandises; et ceux de marchandises avec wagons de voyageurs. La vitesse en marche est de 30 à 40 kilomètres à l'heure. Ils sont remorqués généralement par des machines mixtes. La vitesse effective est très-variable.

Vitesse des trains de marchandises en marche et effective. —
La vitesse des marchandises en marche est de 15 à 25 kilom.
La vitesse effective est très-variable.

Conclusion de la commission. — Vitesse des trains. — En ce qui concerne la vitesse des trains express, la commission d'enquête a émis l'opinion :

Qu'il est convenable que sur les lignes principales la vitesse des express atteigne, autant que possible 55 à 60 *kilomètres de marche effective par heure; mais que cette accélération ne peut être imposée aux Compagnies qu'autant que le degré des pentes et leur*

fréquence ne prescriraient pas de s'en abstenir, dans l'intérêt même de la sécurité et qu'autant que l'administration des postes continuerait les efforts qu'elle a déjà faits, et qu'elle simplifierait le service, soit par la réduction du nombre des arrêts, soit par l'adoption de dispositions mécaniques pour la délivrance et la réception des colis.

En ce qui concerne les trains omnibus, la commission n'insiste pas sur une augmentation de la vitesse en marche, mais elle voudrait augmenter la vitesse effective en rendant plus souvent ces trains semi-directs.

Quant aux trains de marchandises, elle désire que l'on diminue autant que possible le temps perdu dans les gares.

Les notes suivantes extraites des rapports de MM. Lan et Dubocq, sur la vitesse des trains de chemin de fer en Angleterre et en Allemagne, permettent d'établir d'utiles comparaisons.

Vitesse des trains rapides en Angleterre. — La vitesse en marche des trains de malle, express et rapides, en Angleterre, atteint souvent 80 kilomètres par heure et même au delà.

Quant à la vitesse effective, elle est :

Pour les trains de malle, de.	60	à 63	kilomètres.
— rapides.	48	à 54	—
— omnibus.	40	à 48	—

Si la vitesse des trains en Angleterre est plus grande qu'en France, cela tient à ce que chez nos voisins les conditions d'exploitation diffèrent essentiellement des nôtres.

Ainsi, le temps, au point de vue commercial, y a plus de valeur ; aussi s'y paye-t-il plus cher. La concurrence entre les voies ferrées est très-grande ; peut-être même est-elle exagérée.

De pareilles vitesses effectives s'obtiennent en diminuant le nombre des arrêts aux stations tout autant qu'en augmentant la vitesse de marche. On diminue aussi les pertes de temps aux démarrages, en augmentant la pression de la vapeur.

Nous avons déjà fait connaître les dimensions des machines qui font en Angleterre le service de la grande vitesse.

Ces vitesses excessives et la multiplicité des trains sont très-

fatigantes pour la voie, dont on s'est vu forcé d'augmenter la solidité et qu'il faut renouveler après un court espace de temps. On a enfin constaté que depuis leur adoption le nombre et la gravité des accidents s'étaient accrus.

Vitesse des trains de marchandises. — Les trains de marchandises aussi bien que les trains de voyageurs, marchent en Angleterre plus rapidement qu'en France. Ils sont plus multipliés et moins chargés.

Vitesse des trains rapides en Allemagne. — En Allemagne, à l'inverse de l'Angleterre, les vitesses en marche et effectives sont inférieures à celles de nos trains français ; les chiffres suivants, empruntés au rapport de M. Dubocq, en fournissent la preuve.

Pour les express, la vitesse effective n'est sur l'Ouest-Autrichien (ligne de Vienne à Paris) que de 36 kilomètres à l'heure, tandis qu'elle atteint sur le Berlin-Magdebourg 51 kilomètres.

Vitesse des trains omnibus. — Les trains omnibus circulent avec des vitesses effectives variant de 26 à 38 kilomètres, alors que la vitesse des trains mixtes est de 16 à 24 kilomètres, et celle des trains de marchandises de 11 à 25 kilomètres.

Augmentation possible de la vitesse. — Ces vitesse pourraient être facilement augmentées, car le maximum de vitesse de pleine marche permis dans le nord de l'Allemagne est de 75 kilomètres à l'heure, tandis que les plus grandes vitesses de pleine marche ne dépassent pas 56 kilomètres.

Chemins à une voie et à deux voies. — Il faut construire des chemins à une voie seulement toutes les fois que le mouvement n'est pas extrêmement actif.

Il est impossible de dire exactement à quelle limite de trafic on doit poser la seconde voie.

C'est plutôt le nombre des trains que celui des personnes ou la quantité de marchandises transportés qui rend la pose de la seconde voie nécessaire.

Lorsqu'il y a grande probabilité d'un certain développement de la circulation, il faut, tout en ne faisant d'abord qu'une seule voie, acheter le terrain, exécuter les travaux d'art pour deux voies, et même exécuter également pour deux voies une partie des tra-

vaux de terrassement, c'est ce qu'on a fait sur le chemin de Mulhouse.

Si l'accroissement du trafic, tout en paraissant probable, laisse toutefois quelque doute dans l'esprit ou ne semble devoir se produire que dans un avenir éloigné, il convient d'acheter le terrain pour deux voies et de n'exécuter les travaux d'art et les terrassements que pour une seule.

L'exécution des travaux d'art et de certains travaux de terrassement pour deux voies est généralement assez coûteuse ; quant à la dépense pour l'achat du terrain pour la seconde voie, elle est ordinairement peu considérable.

Si, enfin, il n'y a lieu d'espérer aucun développement un peu important de la circulation, on peut n'acheter le terrain que pour une voie.

Il est donc très-important de bien se rendre compte, avant de trancher la question, de l'accroissement probable de la circulation, ce qui est souvent difficile.

Les Compagnies pensent que pour une grande partie des lignes nouvelles, celles en pays de montagnes surtout, une seule voie suffira pendant de longues années à tous les besoins de l'exploitation

Voies de garage et d'évitement. — Les voies de *garage*, qu'il ne faut pas confondre avec les voies d'*évitement*, ne doivent en général s'établir que dans les stations, et leur longueur doit être telle qu'elles puissent recevoir les trains les plus longs que comporte la ligne.

Sur les chemins à simple voie, les voies d'*évitement* ne doivent être placées que dans les stations et même dans les stations importantes. Au lieu de les répartir sur toute l'étendue de la ligne, il convient de les grouper de manière à former une section à double voie.

Maximum pour l'inclinaison des pentes et rampes. — Si la circulation est très-active, dit la compagnie de l'Ouest, il y a lieu d'éviter les pentes supérieures à $0^m,005$ par mètre. Si, au contraire, la circulation doit être médiocre, on peut aller jusqu'à $0^m,010$, et enfin, si elle doit être très-faible, on peut élever le maximum jusqu'à

0^m,015 ou 0^m,016 par mètre, et exceptionnellement à 0^m,020, 0^m,025 et même 0,030 par mètre.

Les compagnies d'Orléans, du Nord et de Lyon-Méditerranée pensent qu'avec des inclinaisons de 15 à 16 millimètres le service présente déjà d'assez grandes difficultés et qu'il ne faut par conséquent les dépasser qu'exceptionnellement lorsqu'il devient à peu près impossible de faire autrement.

Distribution des pentes ou rampes. — La compagnie du Midi pense que la distribution des pentes ou rampes est au moins aussi importante que leur maximum d'inclinaison.

On s'est demandé, le maximum d'inclinaison une fois déterminé, quelle est la plus grande longueur sur laquelle on puisse l'établir, sans l'interrompre par des paliers ou par des pentes ou rampes d'une inclinaison moindre.

La compagnie d'Orléans a répondu qu'elle se proposait de donner aux rampes de 0^m,030 du Lioran 8,400 mètres du côté de Murat et 14,500 mètres du côté de Vic; celle-ci sera divisée en deux parties par un palier de 600 mètres;

La compagnie de Lyon-Méditerranée, que la longueur des rampes à grande inclinaison se trouve fixée par la condition que les machines puissent la parcourir sans avoir à s'arrêter pour renouveler leur approvisionnement d'eau et de combustible, mais que, dans la pratique, on doit se tenir bien au-dessous de cette limite et diviser autant que possible les fortes rampes par des paliers ou des parties moins inclinées;

La compagnie de l'Est, que dans les rampes exposées au brouillard il paraît être utile de se ménager un repos de quelque cent mètres tous les 6 ou 8 kilomètres;

La compagnie de l'Ouest, que les rampes étant très-longues, il est bon de les couper par des paliers sur tous les points où le train peut avoir à s'arrêter, soit pour une prise d'eau, soit pour le service d'une station;

La compagnie des Ardennes, qu'il convenait de fractionner les fortes rampes par tronçons de 10 kilomètres au plus, séparés par des paliers de 300 à 400 mètres au moins.

La compagnie du Midi, enfin, qu'il serait utile d'intercaler un pa-

lier de 200 mètres tous les 5 kilomètres à partir de l'inclinaison de 0^m,015, et de faire croître la longueur des paliers avec l'inclinaison.

Inclinaison dans les souterrains. — Les réponses des Compagnies, en ce qui concerne l'inclinaison du chemin dans les souterrains, sont un peu confuses; il en résulte toutefois qu'il est généralement admis que l'inclinaison doit être moindre dans les souterrains qu'à ciel ouvert, et qu'elle doit dépendre de l'état de sécheresse probable du souterrain, cet état de sécheresse dépendant lui-même de la nature des terrains traversés, de la sécheresse relative de la voie, de l'orientation du tunnel et de son aérage plus ou moins facile.

Pentes dans les stations intermédiaires. — Toutes les Compagnies sont d'avis que les stations intermédiaires doivent être placées sur des paliers à pente nulle, ou au moins très-faible.

Orléans ne voudrait pas qu'on dépassât un demi-millimètre. Avec une pente plus forte on est exposé au démarrage sous l'influence d'un vent violent.

Le Nord fixe aussi 1 à 2 millimètres comme limite de pente, l'Est, 2 millimètres; l'Ouest dit que la moindre pente peut devenir dangereuse, et que, dans tous les cas, elle serait gênante pour les manœuvres à bras d'hommes. Les Ardennes et le Midi sont de la même opinion.

Rayon des courbes. — Il résulte de l'enquête que l'on peut admettre dans les trains des courbes de 300 mètres, mais que sur ces courbes la vitesse ne doit pas dépasser 30 kilomètres par heure, des courbes de 250 mètres avec une vitesse de 25 seulement et des courbes de 200 avec des vitesses de 20 kilomètres.

Il semblerait résulter de ces chiffres que sur les grandes lignes, où l'on marche quelquefois à la vitesse de 70 ou 75 kilomètres par heure, on a adopté avec raison des rayons de courbe de 800 à 1,000 mètres au moins, en pleine voie.

Il ne paraît pas convenable de descendre, avec le matériel actuel, au-dessous de la limite de 200 mètres. On passerait sans doute dans des courbes de 100 mètres, mais il faudrait réduire la vitesse à 10 ou 15 kilomètres par heure, et le service ne serait pas sans danger.

Dans les stations on peut descendre au rayon de 180 mètres, mais pas au-dessous.

Hauteur des souterrains. — Les Compagnies admettent que les dimensions admises pour les tunnels à deux voies ne paraissent pas susceptibles de changements notables, mais elles sont d'accord pour conseiller de réduire à 5 mètres ou 5m,20 la hauteur sous clef sur les chemins à une voie, cette hauteur restant à l'aplomb des rails de 4m,80.

Pentes des chemins allemands, d'après M. Dubocq. — Sur la plupart des lignes en Allemagne, les pentes ne dépassent pas 10 millimètres par mètre; sur d'autres, on ne rencontre des pentes supérieures que sur une faible étendue ou sur des lignes secondaires à fréquentation restreinte. (Voir au chapitre du Tracé la description du tracé des lignes allemandes.)

En général, dans les dernières lignes construites, comme celle de Cologne à Giessen, on a fréquemment employé des rampes de 13 à 15 millimètres. Sur un embranchement que le chemin *autrichien de l'État* continue d'Orawitza à Steyerdorf, il y a des pentes de 20 millimètres avec courbes de 113 mètres de rayon sur 18 kilomètres environ, et la chaîne du Brenner, entre Inspruck et Botzen, doit être franchie à l'aide de rampes de 25 millimètres, sur lesquelles le minimum des rayons des courbes est de 316 mètres.

Les stations sont, pour la presque totalité, horizontales, quelques-unes atteignent des pentes de 5 millimètres (Bade).

Dans les souterrains, les pentes observées sont les mêmes que celle de la ligne aux deux têtes du souterrain ou à l'une des têtes lorsqu'il y a changement de pente.

Courbes sur les chemins allemands. — Les tracés en plan des différents réseaux présentent, suivant les territoires qu'ils desservent de grandes variations. Dans la vallée du Rhin, dans celle du Danube ainsi que dans les plaines du nord de l'Allemagne, on rencontre de grands alignements droits avec courbes de grand rayon, dont le minimum atteint rarement 376 mètres, sur les lignes principales.

Le réseau du Wurtemberg, les lignes transversales de la Bavière, le Sud-Autrichien et le chemin Rhénan dans la section de Cologne à Crefeld sont toutefois plus sinueux.

On admet qu'en général les rayons des courbes ne doivent pas descendre au-dessous de :

1128 mètres dans les plaines,
627 — les terrains ondulés,
576 — les régions montueuses,

et que le minimum des rayons à adopter exceptionnellement en pleine voie est de 576 mètres dans les deux premiers cas et de 188 mètres dans le troisième.

Nous donnons ci-dessous le développement des courbes dont le rayon est inférieur à 576 mètres, ainsi que les rayons minima adoptés dans les tracés, en ajoutant que ces rayons ne sont employés, sauf le Sud-Autrichien, que pour de faibles longueurs ou aux abords des stations.

NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES CHEMINS.	LONGUEUR TOTALE DES COURBES DE MOINS DE 576 MÈTRES DE RAYON.	RAYON MINIMUM DES COURBES.
1	Grand-ducal badois	2 271	230
2	Royal de Wurtemberg	1,887	270
3	Royal de Bavière	24,459	185
4	Ouest autrichien	1,504	284
5	Sud autrichien	106,597	188
6	Autrichien de l'État	1,609	284
7	Nord autrichien	327	180
8	Guillaume silésien	1,404	263
17	Magdebourg-Wittemberg	327	188
21	Cologne-Minden	722	150
22	Rhénan	31,704	158

Économies à faire dans la construction des lignes secondaires (embranchements). — Toutes les Compagnies sont d'avis qu'une économie importante dans la construction de la voie proprement dite sur les embranchements est possible, si l'on tient à ce que le matériel des grandes lignes desserve ces embranchements. Il en serait autrement si l'on admettait les transbordements, mais les transbordements présentent certains inconvénients devant lesquels on hésite à les conseiller.

Les principales économies à réaliser dans l'établissement des

chemins d'ordre inférieur consisteraient dans des simplifications telles que : 1° la suppression des marquises, des abris en face et des doubles lieux d'aisances, des salles d'attente remplacées par de simples vestibules ; 2° la réduction des dimensions des bâtiments ; 3° la réduction des stations inférieures à de simples maisons de garde.

Les compagnies de Lyon-Méditerranée et du Nord pensent qu'on pourrait se borner, dans ces stations, au moins pour les premières années d'exploitation, à des bâtiments provisoires. Les autres Compagnies sont d'avis qu'il vaut mieux construire immédiatement des bâtiments définitifs, fort simples, mais susceptibles d'agrandissement.

Moyens pour empêcher les accidents aux bifurcations. — Consultées sur les mesures à prendre pour prévenir les accidents aux bifurcations, les Compagnies ont fait des réponses diverses :

Orléans, l'Ouest, Lyon-Méditerranée et le Midi, sans faire connaître les précautions prescrites par les ordres du service, les considèrent comme suffisantes.

L'Est indique que les aiguilles de bifurcation sont indiquées aux mécaniciens par des ailettes mobiles le jour, et par des signaux à réflecteur la nuit, elles sont défendues par un disque à 600 mètres et par un second disque à 100 mètres. L'arrêt *absolu* est prescrit devant le disque à 100 mètres[1]

Lorsque plusieurs trains se présentent à la fois à une bifurcation, les aiguilleurs ne doivent ouvrir la voie que successivement, de manière à n'avoir jamais qu'un train à la fois dans l'espace compris entre les disques extrêmes.

La compagnie du Nord a récemment appliqué des dispositions spéciales aux bifurcations ; l'ordre de service qui les met en vigueur peut se résumer ainsi :

Le disque signal rouge, qui ferme chaque voie, a été rapproché

[1] Ce moyen de prévenir les accidents est très-efficace. On l'emploie avec avantage sur le chemin de l'Est, où les bifurcations ne sont pas très-nombreuses, mais il ne serait pas admissible sur la grande ligne du Nord, où elles sont beaucoup plus multipliées ; il donnerait lieu à de trop grands retards, et pourrait ainsi occasionner indirectement des accidents, au lieu de les empêcher

de l'aiguilleur. On l'a remplacé à grande distance par un signal fixe de couleur verte, qui est destiné à rappeler aux mécaniciens qu'ils sont près d'une bifurcation et qu'ils ont à prendre leurs mesures pour exécuter les prescriptions du règlement. On s'est préoccupé ensuite, en contrôlant la marche des mécaniciens, de vérifier si le ralentissement ordonné était réalisé sérieusement[1].

Quant aux communications à établir dans l'intérieur d'un train en marche, entre les agents et le mécanicien, les Compagnies ont reconnu unanimement l'insuffisance des systèmes essayés jusqu'ici, qui consistent dans l'emploi des sifflets de la locomotive, des signaux à main ou d'une corde; celle-ci ne peut être employée que dans les trains composés d'un petit nombre de voitures, et dans ceux qui ne sont pas astreints en route à des ruptures de charge, ne nécessitent aucun remaniement des véhicules attelés au départ.

Les compagnies du Nord et de l'Est ont informé la commission qu'elles faisaient en ce moment l'essai de nouveaux systèmes de communication électriques dus à MM. Prudhomme et Achard, systèmes qui paraîtraient appelés à réussir.

Communications entre les agents du train et les voyageurs. — Relativement à une communication entre les agents du train et les voyageurs, les Compagnies ont unanimement déclaré que cette communication était inadmissible, parce qu'elle occasionnerait plus de dangers qu'elle ne rendrait de services.

Moyens pour prévenir les attentats. — Les Compagnies ont été également unanimes pour reconnaître l'insuffisance des moyens de différente nature proposés pour empêcher les attentats en route.

Conclusions de la commission. — **Bifurcation.** — La commission d'enquête, en ce qui concerne la sécurité, a émis l'avis :

1° *De recommander, pour la protection des bifurcations, l'emploi d'un système analogue à celui récemment établi par la compagnie du Nord*; 2° *d'inviter les Compagnies à continuer l'étude commencée*

[1] La compagnie du Nord vient de prendre une mesure beaucoup plus efficace pour éviter toute rencontre de trains aux bifurcations. Elle dispose les voies de manière que celle de l'embranchement passe dessus ou dessous, en évitant tout coupement de la voie. Nous donnerons plus loin une description plus détaillée de cette disposition.

des moyens propres à constater l'extinction des feux des signaux de nuit ; 3° que toutes les fois que la composition des trains ne s'y opposera pas, la communication entre les garde-freins et le mécanicien devra être rendue obligatoire ; 4° qu'il n'y a pas lieu à faire de même en ce qui touche la communication entre les voyageurs et les agents du train.

Améliorations du matériel roulant. — Rideaux. — En ce qui touche les compartiments de 2ᵉ classe, les Compagnies n'ont pas fait d'objections à ce qu'ils fussent tous munis de rideaux. Elles n'ont repoussé cette obligation qu'en ce qui touche la 3ᵉ classe, ajoutant que les voyageurs les lacéreraient ou les feraient disparaître. Mais pour ce qui est de la soustraction des rideaux, il a été répondu qu'on pourrait en diminuer les chances au moyen de dispositions particulières dans la fabrication des tissus mêmes.

Chauffage des voitures. — Les Compagnies ont été unanimes pour déclarer qu'aucun moyen pratique n'avait été trouvé, jusqu'à ce jour, pour chauffer les voitures de toutes classes.

Banquettes et dossiers. — En ce qui touche l'inclinaison des banquettes et l'élévation des dossiers dans les voitures de 2ᵉ et 3ᵉ classe, les Compagnies ont reconnu que ces améliorations utiles pouvaient être réalisées, et elles ont pris l'engagement d'y pourvoir dans la construction des voitures nouvelles, et au fur à mesure de la mise en réparation des véhicules en service.

Water-closets. — En ce qui touche l'établissement de water-closets dans les trains, les compagnies de l'Est, d'Orléans et de Lyon ont annoncé que déjà, sur les trains de la poste et les express, elles faisaient l'essai de wagons construits dans des conditions spéciales qui répondraient à cet objet. Celle du Midi a dit qu'elle avait, dès l'origine, établi des appareils dans les coupés ; et celle de l'Ouest, qu'elle en avait placés dans quelques voitures de luxe. La compagnie du Nord, seule, a fait connaître que son intention n'était pas de tenter des essais et qu'elle entendait attendre pour cela qu'un système satisfaisant, suivant elle, eût été découvert.

Conclusion de la commission. — Matériel roulant. — La commission a été d'avis que : 1° *Il y avait lieu de prescrire aux Compagnies l'emploi de rideaux dans les compartiments de la 3ᵉ classe,*

et à plus forte raison dans ceux de la 2ᵉ. Les Compagnies pourraient, à l'exemple de celle des Ardennes, substituer des persiennes aux rideaux; 2° que les dossiers et les banquettes de la 3ᵉ classe devaient être inclinés et les dossiers élevés à la hauteur de la tête des voyageurs; 3° qu'il est désirable que le système de water-closets, en usage sur tous les chemins allemands et en ce moment expérimenté chez nous par plusieurs Compagnies, reçoive une application générale.

Conclusion de la commission. — Voie. — La commission, d'accord avec les Compagnies, est d'avis :

Que, pour les lignes nouvelles, il conviendrait de ne prescrire l'exécution des ouvrages d'art que pour une seule voie, sauf le cas où il y aurait lieu de prévoir, d'une manière à peu près certaine, un grand développement du trafic dans un temps assez rapproché;

Que, même dans le cas d'une ligne à deux voies, dans toute son étendue, il pourrait y avoir lieu d'autoriser l'établissement, à une voie, de certains ouvrages d'art exceptionnellement difficiles et coûteux;

Qu'en ce qui touche les souterrains sur les chemins à simple voie, la condition déterminante de leur dimension en hauteur devrait être une élévation de 4ᵐ,80, à l'aplomb de chaque rail.

Conclusion de la commission. — Tracé. — En ce qui concerne les pentes et les courbes, la commission est d'avis :

Que les progrès de l'industrie pouvant déterminer chaque jour, pour ainsi dire, des facilités nouvelles à l'égard des pentes et des courbes, il n'y avait plus lieu de poser, en cette matière, des règles limitatives absolues.

Conclusion de la commission. — Stations et clôtures. — En ce qui concerne les stations et les clôtures, la commission émet l'opinion : *d'autoriser les Compagnies dans la construction des chemins nouveaux, à établir les stations dans les conditions d'une extrême simplicité et dans certains cas même à n'y élever que de simples hangars.*

En ce qui touche les clôtures, de supprimer la prescription législative générale qui lie sous ce rapport le gouvernement aussi bien que les Compagnies, et de laisser à l'administration le soin de pro-

noncer non-seulement sur le mode de clôture, mais sur la nécessité même d'une clôture quelconque.

Chemins écossais. — On a établi économiquement, dans ces dernières années, en Écosse, un certain nombre de chemins pour un très-faible trafic ; les conditions de tracé sont les suivantes.

On trouve sur quelques-uns de ces petits chemins des pentes fréquentes de 16 à 20 millimètres ; le plus grand nombre est cependant de 10 à 15 millimètres. La plus forte qu'on nous ait citée (sur le chemin d'Édimbourg à Peebles) est de 18 à 19 millimètres, sur 4,827 mètres de long, sans aucun palier ou partie de moindre inclinaison [1].

On ne trouve sur ces chemins écossais aucun tunnel et peu de travaux importants.

Le rayon des courbes en pleine ligne ne descend ordinairement pas au-dessous de 250 mètres, mais, dans les stations, il se réduit parfois à 100 mètres (chemin de Leven), et même à 80 mètres (chemin de Banff).

Les constructeurs écossais estiment qu'on pourrait descendre à 180 mètres de rayon sur la ligne et à $0^m,125$ de pente comme on l'a fait dans le Durham (Angleterre), à condition d'employer des machines américaines à avant-train articulé [2].

[1] On ne parle ici que des pentes sur la ligne même, mais quand la différence de hauteur des points extrêmes conduit à de trop fortes rampes sur certaines parties de la ligne, ou bien encore dans l'intention de diminuer le développement du chemin près d'une ville située à l'extrémité, ou enfin de réduire les frais de terrassement, on a terminé certains chemins par 1 ou 2 kilomètres à 33 millimètres de rampe (chemin de Banff à Portsoy). C'est quelque chose de semblable à ce que l'on voit à Folkstone ; du port, à l'aide d'une machine de renfort, on monte les éléments des trains jusqu'à la ligne, où on les compose.

[2] Voir le mémoire publié par M. Bergeron sur les chemins économiques.

APPENDICE

—

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION

Routes. — Les routes ordinaires continuent à faire concurrence aux chemins de fer pour de petites distances. Les gondoles de Versailles et les voitures du chemin américain transportent un grand nombre de voyageurs malgré le chemin de fer aussi bien que les omnibus de Vincennes.

Les routes qui conduisent aux stations sont de puissants auxiliaires de la voie à vapeur. En Espagne, le chemin de fer construit, on s'est aperçu un peu tard que les routes pour y accéder faisaient défaut. On s'occupe aujourd'hui de leur construction.

Voies navigables et chemins de fer. — Comparons-nous les canaux aux chemins de fer, nous avons deux questions à examiner.

La première est celle-ci : Les canaux existants sont-ils capables de lutter contre les chemins de fer pour le transport des marchandises ?

La seconde : Convient-il de construire simultanément de nouveaux canaux et de nouveaux chemins de fer parallèlement les uns aux autres, les canaux ayant pour but spécial le transport des marchandises de faible valeur à de petites vitesses, et les chemins de fer celui des marchandises d'une plus grande valeur et des voyageurs à des vitesses supérieures?

Nous répondrons affirmativement à la première question et négativement à la seconde.

Aujourd'hui la lutte entre la navigation et la voie ferrée est devenue plus vive que jamais

Le succès de l'une ou de l'autre voie dépend essentiellement de certaines circonstances locales.

Voies navigables et chemins de fer du Nord. — Nous étudierons d'abord les effets de la concurrence sur les lignes du Nord français.

Les transports y ont lieu par eau dans de très-bonnes conditions, en partie sur une rivière dont le parcours ne présente aucune difficulté d'une grande importance, en partie sur des rivières canalisées (l'Oise, la Sambre, l'Escaut), ou des canaux qui admettent l'emploi de bateaux dont le tonnage atteint 275 tonneaux.

Le transport par locomotives s'opère également dans des conditions favorables Les pentes des chemins de fer ne dépassent pas cinq millièmes et les courbes sont de grand rayon.

On transporte exclusivement sur l'une et l'autre voie de la houille de la mine vers Paris, et les bateaux ou les wagons reviennent à vide.

Au moment de l'ouverture du chemin de fer sur une partie du trajet de Paris à Mons, la voie navigable perdit 11 pour 100 de ses transports, qui lui furent enlevés par la voie concurrente. Cette fraction augmenta jusqu'en 1858, où elle était de 28 pour 100. En 1859, l'ouverture de la ligne de Mons ayant considérablement abrégé le parcours entre la Belgique et Paris, la proportion s'éleva à 45 pour 100. En 1860, elle a atteint 46 pour 100. Mais en 1861 elle est descendue à 43 et en 1862 à 42 pour 100.

Plusieurs causes ont facilité à la batellerie la réduction de ses prix, telles : 1° l'agrandissement des passages des écluses qui a permis d'augmenter les dimensions et la charge des bateaux ; 2° la réduction des droits imposés par l'État, 3° l'amélioration du service. Se contentant enfin du plus petit bénéfice, elle est parvenue à effectuer les transports de charbon de Mons à Paris (droits compris), sur une distance de 330 kilomètres, à raison de 1 centime,40 par tonne et par kilomètre.

Ce prix est sensiblement inférieur à celui que nous avons admis

dans le premier chapitre du premier volume de cette 3e édition (2 cent., droits non compris); mais nous supposions alors une charge de 180 tonnes seulement, des frais de halage que l'on a réduits depuis lors de plus de moitié, des prix d'assurance et des frais pour usure des cordages que nous avions indiqués comme pouvant être considérablement diminués.

Le chemin de fer, en présence des efforts faits par la batellerie, n'est pas resté inactif. Il a augmenté la puissance de ses machines, et les prix de transport pour la distance totale se sont nivelés ou à peu près avec ceux de la batellerie; mais comme la distance est moins grande, le prix par kilomètre est plus élevé (3c,2 par tonne et kilomètre).

Telle est la situation respective des deux voies rivales aujourd'hui (juillet 1864); des essais ont lieu en ce moment qui peuvent la changer.

La Compagnie du chemin de fer améliore ses machines, une Compagnie vient de se former pour opérer sur une assez grande échelle, à l'aide de *bateaux porteurs*, le transport du charbon à de petites vitesses au moyen de la vapeur, comme on opère depuis un certain temps celui des marchandises de roulage à des vitesses supérieures, et on est sur le point d'appliquer aux canaux un nouveau système de touage à la vapeur inventé par un Belge, M. Bouquié, système qui présente de grands avantages au point de vue de la régularité, de la célérité et de l'économie des transports. Nous avons assisté à des expériences faites de ce système sur le canal Saint-Martin. Ces expériences nous ont donné toute satisfaction. Mais laissons parler à cet égard des hommes plus compétents que nous : M. Féburier, inspecteur général des ponts et chaussées, rapporteur de la fraction française d'une commission composée d'ingénieurs français et belges, et M. Maus, ingénieur en chef, directeur du Hainaut, directeur de la fraction belge.

Voici dans quels termes s'exprime M. Féburier :

« Les expériences ont démontré que le système Bouquié ne portera aucun obstacle à la liberté de la navigation; que les recherches auxquelles la commission s'est livrée sur le prix de revient du transport de la houille de Mons à Paris, dans l'ancien et dans le

nouveau système de traction, démontrent que le touage à vapeur, suivant ce système, procurera de sérieux avantages au triple point de vue de la régularité, de la célérité et de l'économie des transports.

« Que, par ces motifs, la commission est unanimement d'avis qu'il y a lieu d'autoriser M. Bouquié à faire l'application de son système sur la ligne de navigation de Mons et de Charleroi à Conflans, après que les formalités de l'enquête nécessitée par l'occupation d'une partie du domaine public auront été remplies, et après que M. Bouquié aura fait connaître le tarif qu'il demande pour l'emploi de la chaîne. »

Voici maintenant un extrait du rapport de M. Maus :

« Quoique je ne puisse préciser, dit M. Maus, le coût du nouveau mode de traction, il me paraît cependant qu'il doit être encouragé, parce que c'est l'application de la vapeur au halage qui doit replacer la navigation et les chemins de fer dans les mêmes conditions et permettre à la navigation de soutenir une concurrence qui n'est devenue difficile pour elle que depuis que les locomotives des chemins de fer remorquent de grands convois en brûlant un combustible à bas prix; mais lorsqu'un bateau portera 240 tonneaux ou la charge de vingt-quatre wagons, nous reverrons la navigation offrir une économie qui compensera en grande partie, sinon en totalité, les avantages indirects de son redoutable concurrent. »

Malgré les avis favorables que nous venons de faire connaître, ajoutent MM. Chanoine et de Lagrenée, auteurs d'un article inséré récemment dans les *Annales des ponts et chaussées*, le système Bouquié n'a pas encore reçu d'application (si ce n'est sur le canal Saint-Martin). La compagnie du gaz parisien, qui tire ses houilles du Hainaut, devait s'en servir pour ses transports particuliers, et devait en outre se charger de louer et d'installer des locomobiles à bord des bateaux qui voudraient se touer sur sa chaîne. Mais cette Compagnie ayant passé un traité avec le chemin de fer du Nord, la traction sur les canaux du Nord continue à se faire comme par le passé.

Le halage se fait par les moyens ordinaires à des prix tellement réduits que l'emploi du système Bouquié, d'après les calculs des auteurs de l'article, ne pourrait procurer qu'une économie bien

minime sur cette partie de la dépense. Toutefois, comme il augmente la rapidité moyenne des transports dans le rapport de 8 à 5, il permettrait de réaliser une économie notable sur les frais généraux. En tout cas, il ferait disparaître jusqu'à un certain point l'infériorité de la navigation actuelle comparée au chemin de fer, au point de vue de la célérité et de la régularité.

Peut-être encore le gouvernement et les Compagnies, en opérant de nouvelles réductions sur les droits de navigation ou en agrandissant les écluses, fourniront-ils à la batellerie de nouvelles armes pour lutter contre la voie de fer.

La batellerie baissant alors de nouveau ses prix, il ne faudrait pas croire que le chemin de fer devrait se retirer de la lice. La navigation paraît arrivée à la limite des réductions qu'elle peut opérer dans l'état actuel des choses, et il faudrait que les modifications dont nous venons de parler eussent lieu pour qu'elle pût abaisser encore son tarif. Il n'en est pas de même du chemin de fer. Nous avons lieu de croire qu'avec un tarif de 3^c,2, il réalise encore un bénéfice à la diminution duquel il se résignerait s'il y avait absolue nécessité. Le prix de revient pour le transport d'une tonne à un kilomètre, en tenant compte des frais d'entretien du matériel, de l'intérêt du capital des machines et wagons, et de son amortissement, du surcroît de frais d'entretien de la voie occasionnés par les trains de marchandises, et en général de tous les frais occasionnés par la traction de ces trains, ne nous paraît pas devoir dépasser 1^c,1/2, si toutefois il atteint ce chiffre. Le bénéfice serait donc encore aujourd'hui de 1^c,7.

Nous n'avons parlé jusqu'à présent que des transports à petite vitesse. Depuis quelque temps déjà les bateaux porteurs font concurrence au chemin de fer pour ces transports, aussi bien que ceux à moyenne vitesse vont le faire, avons-nous dit, sur une plus grande échelle. Ils enlèvent, en outre, à moyenne vitesse, à la compagnie du Nord, une quantité assez importante de marchandises de roulage.

Les bateaux porteurs consacrés au transport du charbon chargent de 230 à 240 tonnes, ceux qui font le service de la moyenne vitesse chargent 130, 140, et jusqu'à 150 tonnes.

Voies navigables et chemin de fer de l'Est. — Les voies navigables qui font une concurrence plus ou moins vive au chemin de fer de l'Est sont nombreuses. En voici l'énumération :

L'Aisne, l'Oise et la Seine, de Condé-sur-Vailly à Paris, sur un parcours de 200 kilomètres; le canal latéral à l'Aisne, Berry-au-Bac à Condé, 46 kilomètres; le canal des Ardennes, de Berry-au-Bac à Pont-à-Bac et Vouziers, 105 kilomètres, le canal de l'Aisne à la Marne, de Berry-au-Bac à Condé, 58 kilomètres; le canal de la Brusche, de Strasbourg à Soultz-les-Bains, 20 kilomètres, le canal latéral à la Marne, de Dizy à Vitry-le-Français, 65 kilomètres; le canal de la Marne au Rhin, de Vitry-le-Français à Strasbourg, 315 kilomètres; le canal de l'Ourcq, de Paris à Port-aux-Perches, 109 kilomètres; le canal du Rhône au Rhin, de Strasbourg à Huningue et Saint-Symphorien, 350 kilomètres; le canal des Salines, de Dieuze à Sarrable, 37 kilomètres; le canal de la Seine supérieure, de Troyes à Sillery, 44 kilomètres; la Marne, de Paris à Dizy, 178 kilomètres; la Marne, de Saint-Dizier à Vitry-le-Français, 55 kilomètres; la Meuse, de Verdun à Givet, 256 kilomètres; la Seine, de Méry à Paris, 198 kilomètres.

C'est à tort que nous avions supposé, dans notre 1e volume, page 19, qu'on rencontrerait de grandes difficultés pour alimenter d'eau le canal de l'Aisne à la Marne, le problème paraît être résolu, et, bien que les travaux ne soient pas encore exécutés, on a transporté cette année 360,000 tonnes sur ce canal.

La navigation se fait sur les canaux dans d'assez bonnes conditions, mais sur la Marne elle est mauvaise, et n'a lieu que pour le transport des bois. Celle de la Meuse a lieu dans des conditions ordinaires: sur la Seine elle est assez bonne.

La charge des bateaux sur tous les canaux, celui de la Brusche excepté, est de 100 à 200 tonnes. Sur celui de la Brusche elle n'est que de 45 tonnes.

Sur la grande voie navigable qui longe le chemin de Paris à Strasbourg, c'est-à-dire sur le canal latéral à la Marne, sur celui de la Marne au Rhin et sur la Marne, il n'est perçu aucun droit de navigation. Sur les autres voies navigables faisant concurrence au chemin de l'Est les droits sont faibles.

Les voies navigables ne transportent guère que de la houille, du coke, du bois, du gravier, des moellons, des matériaux de construction, des grains, des fers et des fontes.

Les renseignements nous font défaut pour fixer le chiffre du tonnage sur les rivières et les canaux. Il est assez élevé. Toutefois celui du tonnage sur la voie ferrée le dépasse certainement de beaucoup.

Ainsi, en 1863, on a transporté à des distances variables sur le réseau de l'Est environ : 219,000 tonnes de bois, 413,000 de céréales et farines, 290,000 de gravier et pierres, 312,000 de fers et fontes et 1,000,000 de houille et coke.

Le chemin de fer a été obligé, pour lutter contre la voie d'eau de baisser considérablement ses tarifs. Toujours est-il que la voie navigable, même en l'absence des droits de navigation, n'a pu lui enlever qu'une partie des transports. La situation changera sans doute lorsque les travaux d'amélioration de la Marne seront terminés. Il y a lieu de croire cependant que, même alors, le chemin de fer conservera la supériorité [1].

[1] Nous avons, dans le premier volume, donné en note, page 7, quelques chiffres sur les frais de traction par locomotive, nous complétons ou rectifions ces chiffres au moyen des renseignements suivants, qui nous sont fournis par M. le directeur du chemin de fer de l'Est

PRIX DE REVIENT DÉTAILLÉ D'UN TRAIN COMPLET DE MARCHANDISES AVEC RETOUR A VIDE (SANS TENIR COMPTE DES FRAIS GÉNÉRAUX).

1° *Traction et entretien du matériel par kilomètre* :

Mécaniciens et chauffeurs	0 fr	14
Combustible	0	20
Graissage	0	03
Menues dépenses des dépôts	0	01
Nettoyage et réparation des machines	0	20
Total	0 fr	58

2° *Entretien et graissage des wagons* :

L'entretien total coûte 0,167 par kilomètre parcouru, pour un train moyen de 17 voitures et wagons, c'est environ 0,01 par véhicule. Admettons ce chiffre, qui sera évidemment un maximum pour les wagons à marchandises. On aura pour un train de 30 wagons	0	30
3° *Personnel des agents de l'exploitation, par kilomètre*	0	10

4° *Voie. — Entretien proprement dit* :

L'entretien sur l'ancien réseau est d'environ 2,000,000 de francs pour un parcours de 10,000,000 de kilomètres, ou par kilomètre	0	20
Total général	1 fr	18

Voies navigables et chemin de fer d'Orléans. — Sur le réseau d'Orléans la navigation ne paraît pas faire une concurrence bien redoutable à la voie de fer, car il résulte des états dressés par la

pour un transport de 300 tonnes, où pour une tonne à 1 kilomètre 0 fr 004 en nombre rond

Pour éviter tout mécompte, nous admettrons cinq millimes

Il faut y ajouter l'intérêt du capital d'établissement des machines et wagons.

Une machine et son tender coûteront.	70,000 fr.
Un wagon coûte 2,400 fr., soit 30 wagons.	72 000
En tout	142,000 fr

dont l'intérêt à 6 p. 0/0 est de 8,520 francs, soit 10,000 francs

Les machines et les wagons parcourent en moyenne 25,000 kilomètres Donc la dépense par kilomètre est de 0 fr 40 pour 300 tonnes, ou par tonne 0 fr. 00133

La dépense totale est en définitive 0 fr 00653.

Le train devant retourner à vide il faut doubler, et alors le prix de revient est de 0 fr. 0126 au maximum, car la dépense en combustible, l'usure des bandages, l'usure de la voie, etc., sont moindres à vide qu'à charge.

FRAIS DE TRANSPORT MOYEN D'UNE TONNE DE MARCHANDISES SUR LE RÉSEAU DE L'EST.

En 1865, sur nos deux réseaux, le transport a été de 530,000,000 tonnes à 1 kilomètre.

La *recette brute* des marchandises est à celle des voyageurs dans le rapport de 20 à 13.

La *dépense totale* a été de 31,000 000 fr On trouverait donc, en admettant ce rapport, 10 000.000 fr., qui, divisés par 530,000,000, donnent $3^c,5$ pour le prix de revient du transport d'une tonne kilométrique.

Mais ce rapport de 20 à 13, qui est celui de la recette marchandises à la recette voyageurs, peut-il s'appliquer aux dépenses de ces deux natures de transport?

Des relevés faits avec exactitude ont démontré que, à très-peu de choses près, ce rapport convenait au partage des dépenses de l'exploitation proprement dite en y comprenant les charges de la Compagnie et l'administration centrale, mais qu'il ne saurait convenir ni aux dépenses du matériel ni à celles de la voie, et qu'il était plus exact de diviser ces deux dernières dans le rapport du nombre des trains, soit comme 13 est à 18 De cette manière on trouve pour le prix de revient du transport d'une tonne à un kilomètre

1° Pour l'exploitation, l'administration centrale et les charges de la Compagnie

$$\frac{11,322,000 \times 20}{33 \times 530,000,000} = 1^c,30$$

Pour la voie et le matériel :

$$\frac{10,600,000 \times 13}{31 \times 530,000,000} = 1^c,60$$

$$\text{Total} \ldots \quad 2^c,90$$

Dans l'état actuel de notre trafic, le prix de revient ne dépasse donc pas 3 centimes.

Si l'on considère l'ensemble des dépenses, on reconnaît que les frais fixes en représentent un peu plus de la moitié, et les frais variables un peu moins D'où l'on conclut que le prix de revient de la tonne kilométrique a pour maximum $1^c,5$, si l'on ne compte pas les frais fixes.

Compagnie que, depuis plusieurs années, le produit kilométrique des marchandises de peu de valeur sur l'ancien réseau est resté à peu près constant.

Voies navigables et chemin de fer du Midi. — Au chemin du Midi, il n'y a pas de comparaison possible, puisque canal et chemin de fer sont exploités par une seule et même Compagnie.

Voies navigables et chemin de l'Ouest. — La navigation fait concurrence aux chemins de fer de l'Ouest principalement sur les parcours suivants :

1° De Paris à Rouen, le Havre et Honfleur par la Seine.

La concurrence de la Seine, la plus redoutable de toutes par son organisation, les moyens de transport employés et l'importance du trafic, est en quelque sorte stationnaire depuis quelques années. Le tonnage augmente dans une faible proportion ; mais le trafic général, malgré la crise américaine, a, jusqu'à cette année, augmenté sur la voie commerciale de la mer à Paris et le chemin de fer, comme la navigation a pris sa part dans cette augmentation. On peut dire cependant que l'amélioration a été plus sensible sur le chemin de fer que sur la rivière. Il est incontestable, en outre, que si la Seine a conservé et augmenté son trafic, c'est au prix de réductions de tarifs très-sensibles amenées par les rivalités des entreprises entre elles, bien plutôt que par la concurrence du chemin de fer, réductions qui, du reste, paraissent avoir conduit ces entreprises de navigation jusqu'à la limite de leur prix de revient.

2° Du Havre à Caen et Cherbourg, par mer.

Cette concurrence s'exerce principalement par bateaux à vapeur réguliers. De Caen au Havre, elle est assez active ; de Cherbourg au Havre, elle tend à diminuer. L'ouverture de l'embranchement de Serquigny procurera au chemin de fer un notable raccourci de distance qui lui permettra de regagner une partie du trafic qui lui est détourné.

3° Du Havre à Morlaix et Brest, par mer.

Cette concurrence se fait aussi au moyen de bateaux à vapeur principalement en soudure avec la navigation de la Seine. Le prolongement du chemin de fer jusqu'à Brest atténuera les effets de cette concurrence.

4° Du Mans à Angers, et de Redon à Saint-Malo par la Sarthe, par la Vilaine et par le canal d'Ille-et-Rance.

Ces concurrences sont peu actives et ne s'exercent que sur quelques natures de grosses marchandises.

Voies navigables et chemin de Lyon-Méditerranée. — De Paris à Lyon, la concurrence la plus redoutable faite par la navigation au chemin de fer a lieu sur la haute Seine, dont le tonnage a sensiblement augmenté dans ces deux ans par suite de la réduction opérée sur les droits de navigation. La Saône enlève aussi à ce chemin une partie de ses transports. La navigation sur les canaux est placée dans des conditions beaucoup moins favorables que sur les canaux du Nord.

Conclusion. — Des faits qui précèdent il résulte que, si en France le chemin de fer conserve tous les transports à grande et à moyenne vitesse, il est obligé d'abandonner à la navigation, du moins sur les réseaux du Nord et de l'Est, une partie des transports à petite vitesse, et que la fraction de ces transports qui lui appartient encore tend à diminuer. Mais faisons observer que sur la plus grande partie des canaux le droit de passage est nul ou très-minime, en sorte que l'intérêt du capital engagé dans la construction ou l'amélioration des voies navigables artificielles, et même les frais d'entretien et d'administration, sont abandonnés par le gouvernement, ou que sur les canaux exploités par des Compagnies l'intérêt du capital est tout à fait insuffisant. On comprend cet état de choses pour des voies de communication établies, et que l'on ne saurait abandonner. Mais serait-il admissible pour de nouvelles voies à construire, nous ne le pensons pas.

Parallèle établi par MM. Chanoine et Lagrenée. — MM. Chanoine et Lagrenée ont établi (article déjà cité) entre les voies navigables et les chemins de fer un parallèle qui nous paraît beaucoup trop favorable. Nous allons reproduire les arguments fournis par ces ingénieurs à l'appui de leur opinion, et nous les combattrons.

« Les avantages du mode de transport par la navigation sont, au point de vue de l'économie, tellement grands, disent MM. Chanoine et de Lagrenée, qu'on est étonné de ne pas trouver la batellerie dans un état plus prospère.

« Sur un canal, ajoutent-ils, le poids mort pour un même poids utile n'est que le quart de ce qu'il est sur un chemin de fer. Sur un chemin de fer où la moyenne des rampes est de 0,002 par mètre seulement, l'effort de traction à la vitesse de 1 mètre par seconde est sept fois plus grand que sur la voie navigable. Les canaux ont coûté en moyenne 130,000 fr. par kilomètre, tandis que les chemins de fer ont coûté 400,000 fr., en comprenant les subventions de l'État.

« L'entretien du matériel fixe et roulant a coûté sur le chemin de fer du Nord, en 1857, plus de 15,000 fr. par kilomètre : l'entretien du chenal et du chemin de halage de la Seine, sur les 198 kilomètres de la première section, ne coûte que 275 fr. par an et par kilomètre en moyenne. Enfin, un wagon de 10 tonnes coûte la moitié du prix du bateau de 200 tonnes. »

Répondons à MM. Chanoine et de Lagrenée. L'effort de traction est en effet beaucoup plus grand sur un chemin de fer que sur un canal, mais la traction s'opère sur un chemin de fer avec des locomotives dans des conditions telles que la différence entre les frais de traction est très-loin d'être en proportion avec les efforts sur l'une et l'autre voie de communication. A l'époque où ont été construits les canaux, la main-d'œuvre était à un prix bien inférieur à celui payé pour la construction des chemins de fer. Des canaux qui ont coûté 130,000 fr. par kilomètre en coûteraient 200,000 aujourd'hui. Les chemins de fer, d'ailleurs, n'ont pas été construits pour le transport exclusif des marchandises de peu de valeur ; ils sont destinés aussi et surtout à transporter un grand nombre de voyageurs et de marchandises de valeur. Ces derniers transports peuvent, dans bien des cas, payer l'intérêt d'une grande partie du capital engagé.

Quant à ce qui est des frais d'entretien, si l'on se reporte aux données sur l'entretien des canaux que nous avons produites pages 7 et 8 du premier volume, et qui ont été puisées aux meilleures sources, on reconnaît que le chiffre de 275 fr. par kilomètre, indiqué par MM. Chanoine et de Lagrenée, est tout à fait exceptionnel. Il n'y a d'ailleurs pas lieu d'établir, comme l'ont fait ces messieurs, une comparaison entre ce chiffre et celui des frais d'entretien du matériel fixe et roulant du chemin de fer du Nord.

L'avantage que présentent les chemins de fer de servir au transport des voyageurs et des marchandises de valeur qui échappent aux canaux est immense, et leur procure pour la lutte des ressources précieuses. MM. Chanoine et de Lagrenée n'en paraissent pas tenir compte.

Ils n'ont également pas suffisamment égard à la supériorité que possèdent les chemins de fer au point de vue de la vitesse et de la régularité des transports. Nous exprimions à un de nos principaux maîtres de forges notre étonnement de ce que, voisin du canal aussi bien que du chemin de fer, il donnait pour le transport de ses approvisionnements aussi bien que pour celui de ses produits la préférence au chemin de fer, dont le tarif était sensiblement plus élevé que celui du canal. « C'est que, nous répondit-il, depuis les traités de commerce nous avons été obligés, pour soutenir la concurrence étrangère, de diminuer nos frais généraux, et pour cela de doubler ou tripler notre production en renouvelant plus fréquemment nos approvisionnements et évitant toute cause de chômage. » C'est qu'aussi les marchands, obligés également de doubler ou de tripler la masse de leurs affaires, sont devenus plus exigeants sur les époques de livraison. Reconnaissons donc que le chemin de fer satisfait bien mieux que le canal aux besoins d'une époque où d'immenses capitaux doivent s'échanger rapidement.

Les chemins de fer, nous dira-t-on, peut-être ne présenteront pas tous des pentes faibles comme les chemins du Nord et de l'Est, si favorables à la traction. Mais aussi tous les canaux, à moins de coûter fort cher, ne seront pas tous à grande section comme les canaux du Nord.

Pour conclure, répétons que si l'on voulait construire parallèlement un canal et un chemin de fer comme on le fait en ce moment de Sarrebrück aux Vosges, il vaudrait infiniment mieux renoncer au canal en offrant à l'entrepreneur du chemin de fer une partie de la dépense qu'il nécessiterait et en lui imposant la condition de réduire les tarifs au taux du canal. Le chemin de fer rendrait ainsi les mêmes services que le canal à moins de frais, et offrirait un moyen de transport plus rapide et plus régulier.

Des chemins de fer au point de vue militaire. — Nous avons,

au chapitre Iᵉʳ, premier volume, cherché à faire ressortir l'utilité des chemins de fer comme instrument de guerre. La terrible lutte qui a lieu aux États-Unis depuis plusieurs années nous a fourni de nouveaux éléments pour l'étude de cette question. Ce n'est pas seulement comme moyen de locomotion servant à rassembler rapidement sur un petit espace de grandes masses de troupes que les chemins de fer ont rendu service aux armées américaines, c'est encore et surtout comme moyen de ravitaillement.

Dans ce pays, où le service des vivres et l'intendance n'existaient pas au début de la guerre et où il a fallu pourvoir immédiatement aux besoins de plusieurs centaines de mille hommes, les chemins de fer ont été un auxiliaire inestimable. C'est à l'aide des voies ferrées que les transports ont été organisés, et en Virginie principalement, où les armées tournent éternellement dans le même cercle, ce système a été appliqué sur une grande échelle. Non-seulement on s'y est servi des voies déjà construites, mais encore on en a établi de spéciales à cet usage, et comme en Amérique les travaux de main-d'œuvre s'exécutent avec une extrême rapidité, on a vu surgir du sol les remblais et les ponts de lignes exclusivement stratégiques. Telle est celle qui joint Washington aux bords du Rappahanock et qui s'étend jusqu'à *Culpepper-Court-House*, et qui a été bien souvent parcourue dans cette sanglante fluctuation des deux armées à travers la plaine virginienne. Mais en construisant ainsi un chemin de fer pour le service des vivres, il ne faut pas oublier, comme l'a fait l'intendance fédérale, avec quelle facilité il peut être détruit et négliger de se ménager un système latéral et éventuel de transport par charrois capable de remplacer momentanément au moins le chemin à vapeur qui vient à faire défaut.

La locomotive, dans la guerre d'Amérique, a rendu d'immenses services, surtout aux confédérés, dont les forces étaient inférieures à celles de leurs adversaires. On peut dire que le chemin de fer les a triplées ou quadruplées. Lee a employé toute une armée pendant deux jours à détruire l'Orange-Railroad. D'un autre côté, le général fédéral Grant fait tous ses efforts en ce moment pour couper les voies de fer qui conduisent à Richemond, et les fédéraux ont

fait des prodiges en reconstruisant les ponts détruits sur les lignes qui leur étaient utiles.

Lors de la guerre d'Italie, c'est au moyen du chemin de fer que les Français ont pu exécuter un mouvement de flanc qui leur a servi à déloger le général Giulay d'une position avantageuse qu'il occupait à Magenta. Les remblais du chemin de fer leur furent, dans la même circonstance, d'une grande utilité comme rempart, et les tranchées leur servirent d'abri.

HISTORIQUE

Nous allons passer en revue les différents États où l'œuvre des chemins de fer s'accomplit plus ou moins rapidement. Nous avons eu le bonheur de pouvoir nous procurer des renseignements complets sur tous les grands États de l'Europe. Ils ne nous font défaut que pour quelques parties de l'Amérique.

France. — Dans notre premier volume nous avons donné, page 49, un tableau indiquant les progrès faits chaque année par les chemins de fer en France depuis le 1er janvier 1823 jusqu'au 1er janvier 1858. Nous allons reproduire ce tableau en en modifiant quelques chiffres d'après les documents statistiques publiés par le gouvernement, et le complétant jusqu'au 1er janvier 1864.

				Décrétés. kilom.	Livrés à l'exploitation. kilom.
Du 1er janvier	1823	au 1er janvier	1829	141	17
—	1829	—	1842	655	546
—	1842	—	1852	3,101	2,979
—	1852	—	1858	10,297	3,905
—	1858		1864	6,205	4,574
		Total		20,385	12 021

Sur les 6,205 kilomètres indiqués comme décrétés de 1858 à 1864, il y en a 1,228 qui n'ont été concédés qu'éventuellement, mais qui seront très-probablement exécutés.

Ainsi on trouve qu'il a été décrété ou livré à l'exploitation en moyenne par année :

				Décrétés. kilom.	Livrés à l'exploitation. kilom.
Du 1er janvier	1823	au 1er janvier	1829	24	3
—	1829	—	1842	50	42
—	1842	—	1852	311	298
—	1852	—	1858	1,716	650
—	1858	—	1864	1,034	762

Si nous suivons le réseau français dans ses développements, depuis le 1er janvier 1861, nous trouvons :

1° Que, parmi les chemins terminés en 1861, on peut signaler la section de Montargis à Nevers qui, complétant le chemin de Paris à Nevers par le Bourbonnais, ouvre une nouvelle communication entre Lyon et Paris; la ligne d'Arras à Hazebrouck qui assure aux produits du bassin houiller du Pas-de-Calais un débouché impatiemment attendu, et crée une voie plus rapide sur Calais et Dunkerque; la ligne de Montluçon à Bourges qui ouvre une communication plus directe sur Paris aux produits industriels et minéralogiques de Montluçon et de Commentry; enfin le raccordement de la ligne de Paris à Bordeaux avec les chemins du Midi et la section de Strasbourg à Kehl qui, à l'aide de ponts construits dans les conditions les plus remarquables sur la Garonne et sur le Rhin, font disparaître des lacunes aussi fâcheuses pour les voyageurs que pour le mouvement des marchandises.

2° Que, parmi les chemins livrés à l'exploitation en 1862, se trouvent, indépendamment de plusieurs lignes d'importance secondaire, des tronçons complétant les lignes de Paris à Reims, Paris à Honfleur, Paris à Rhodez, Paris à Lons-le-Saulnier, Paris à la frontière de Suisse par Pontarlier, ainsi que les chemins de Reims à Givet, Savenay à Lorient, Rennes à Redon, de Brives au Lot et de Toulon aux Arcs.

La ligne de Paris à Reims par Soissons abrége la distance par chemin de fer entre cette dernière ville et Paris de 12 kilomètres environ. Elle constitue la première section de la ligne qui, dans quelques années, conduira de Paris à la frontière d'Allemagne par Reims et Metz.

La ligne de Paris à la frontière suisse par Mouchard et Pontarlier a une grande importance en ce qu'elle facilite les rapports de la France avec le centre de la Suisse. Elle est la plus courte pour se rendre de Paris à Lausanne. Dans quelques années probablement un embranchement construit de Pontarlier au chemin de l'Ouest (Suisse) par Jougne complétera la grande ligne de Paris à Milan par le Simplon. Le chemin de Reims par Givet, se reliant aux chemins belges, devient la voie la plus directe entre Reims et Liége par Namur.

Le chemin de Rennes à Redon se joignant à celui de Savenay à Lorient complète la ligne conduisant le plus directement de Paris au sud du littoral de la Bretagne (ports de Nantes et de Saint-Nazaire). La section de Brives au Lot réunit le réseau d'Orléans à la ligne de Montauban à Rhodez qui jusqu'alors s'en trouvait isolée. Le chemin de Toulon aux Arcs est une section importante de celui de Toulon à Nice.

3° Qu'en 1863 on a complété et livré à l'exploitation dans toute leur longueur les chemins de Paris à Angers par le Mans et Sablé, de Paris à Trouville par Pont-Lévêque, d'Épinal à Vesoul et à Gray, de Paris à Thionville par Reims et Sedan, de Paris à Coulommiers, de Longuion à Longwy et à la frontière belge, de Lorient à Quimper, de Rennes à Guingamp (section du chemin de Paris à Brest), de Périgueux à Agen, de Dax à Pau, de Clermont-l'Hérault à Lodève.

Du 1er janvier 1864 au 1er juillet on a complété la ligne de Paris à la frontière d'Espagne par Bordeaux et Bayonne, en terminant la section de Bayonne à Irun (36 kilom.), completé le chemin de Toulon à Nice, ouvert les chemins de Puyao à Bayonne (46 kilom.), de Rennes à Saint-Malo (79 kilom.), Moirans à Valence (78 kilom., Saint-Cyr à Dreux (59 kilom.), Lunéville à Raon-l'Etape (33 kilom.), et deux petits tronçons chacun de 3 kilomètres.

249 kilomètres concédés éventuellement l'ont été définitivement. Enfin l'on a concédé à une Compagnie anglaise le chemin d'Orléans à Châlons-sur-Marne (275 kilom.).

Plusieurs lignes importantes sont encore inachevées, mais seront livrées à l'exploitation dans un délai plus ou moins rapproché, telles, par exemple, la ligne de Paris à Dieppe par Pontoise et Gisors, de Paris à Metz par Reims, Paris à Tours par Vendôme, de Paris à Brest par Rennes et Guingamp, de Paris à Granville par Argentan et Flers, de Paris à Montpellier par Moulins, Brioude et Alais, de Paris à Lyon par Roanne et Tarare, de Bordeaux à Lyon par Brives, Aurillac, Brioude, le Puy et Saint-Étienne, de Dôle à Châlon-sur-Saône et Nevers complétant avec le chemin de Tours à Vierzon une grande ligne transversale de Nantes à Bâle, de Dôle à Châlon-sur-Saône et Moulins complétant avec le chemin de Mont-

luçon à Poitiers une grande ligne transversale de la Rochelle à Bâle, de Rouen à Amiens, Tergnier, Reims, Mézières, Thionville, Niederbronn et Haguenau.

Des lignes d'un ordre inférieur sont également en construction, tels que les chemins de Boulogne à Calais, Beauvais à Gournay, Caen à Flers, Flers à Mayenne et Mayenne à Laval; dans le nord de la France, de Quimper à Chateaulin, et Chateaulin à Landerneau, d'Auray à Napoléonville et de Napoléonville à Saint-Brieuc, d'Angers à Cholet et de Cholet à Niort, de Nantes à Napoléon-Vendée de Napoléon-Vendée à la Rochelle et de Bressuire à Napoléon-Vendée, de Napoléon-Vendée aux Sables d'Olonne, de Tours à Vierzon, de Rochefort à Saintes et de Saintes à Coutras, de Saintes à Angoulême, Saint-Yriex à Brives, Brives à Tulle, dans l'Ouest, de Libourne à Bergerac, de Bordeaux à Vesdre, de Pau à Tarbes et Luchon, de Tarbes à Auch, d'Auch à Agen, d'Auch à Toulouse, de Carcassonne à Quillem; de Perpignan à la frontière d'Espagne par Port-Vendres, de Perpignan a Prades; de Lexos à la ligne du Midi par Gaillac avec embranchement sur Alby, d'Alby a Castres et de Castres à Castelnaudary, de Castres à Mazamet, de Rhodez à Lodève par Milhau, et de Lodève à Montpellier, de Lunel au Vigan, Lunel à Aigues-Mortes, Lunel à Arles, d'Aix à Marseille; Avignon à Gap avec embranchement sur Digne et sur Aix; de Gap à Grenoble, de Grenoble à Chambéry, de Moirans à Valence complétant le chemin de Grenoble à Valence, dans le Midi; d'Annecy à Aix, de la Voulte à Givors, d'Annonay à Saint-Rambert, de Clermont à Montbrison, de Corbeil à Montargis, d'Auxerre à Nevers, de Dijon à Langres, de Lons-le-Saulnier à Bourg, de Vesoul à Besançon, de Besançon à Gray, de Montbéliard à Audincourt dans le centre, et enfin de Châtillon à Bar-sur-Seine, de Chaumont à Toul, de Belfort à Guebwiller, d'Epinal à Remiremont, et les chemins vicinaux d'Alsace, dans l'Est.

Révision de la convention de 1859. — Le gouvernement, en 1859, désirait obtenir le concours des Compagnies pour l'exécution de nouvelles lignes, mais une partie au moins de ces nouvelles lignes devant être peu productives, les Compagnies hésitaient à s'en charger. Elles auraient, d'ailleurs, éprouvé de grandes diffi-

cultés à réunir le capital nécessaire pour les exécuter, si le gouvernement ne leur fût venu sérieusement en aide. C'est alors qu'eut lieu la convention dont nous avons rendu compte dans l'*Annuaire* de 1859-60.

En vertu de cette convention, le capital-actions des Compagnies était considéré comme ayant servi avec un certain capital-obligations à l'exécution des anciennes lignes, formant ce qu'on appelait *l'ancien réseau;* un second capital-obligations, à l'exécution des nouvelles lignes composant *le nouveau réseau;* le gouvernement garantissait un intérêt de 4 fr. 65 pour 100 sur un capital déterminé par les devis et supposé devoir être celui du nouveau réseau, et il autorisait les Compagnies à suppléer à l'insuffisance des produits pour le payement de l'intérêt et de l'amortissement du capital-obligations du nouveau réseau (intérêt et amortissement qui étaient de 5,75 pour 100), au moyen d'un accroissement de capital, si toutefois cette insuffisance se manifestait jusqu'en 1864 ou 1865, suivant les Compagnies. A partir de 1864 ou 1865, tout accroissement de capital pour payement d'intérêts devant cesser, la garantie du gouvernement commençait alors à fonctionner; toute différence, jusqu'à concurrence de 4 fr. 65 pour 100 du capital *déterminé* pour ce nouveau réseau, tombait à la charge de l'État, la Compagnie ayant à prélever sur les produits de l'ancien réseau le complément d'intérêt s'élevant à 1 fr. 10 pour 100 du capital *déterminé* par les devis du nouveau réseau et l'intérêt total de la portion du capital *réel*, qui pouvait excéder ce capital *déterminé*. En outre, toute somme dépassant un certain chiffre convenu pour le produit de l'ancien réseau (27,800 fr. par kilomètre pour l'ancien réseau de l'Est) devait être versée dans les coffres de l'État. On supposait que les actionnaires obtiendraient de 8 à 10 pour 100 de leurs capitaux; mais il aurait fallu pour cela : 1° que le capital *réel* du nouveau réseau n'eût pas dépassé le capital *déterminé* par le devis, et que les produits du nouveau réseau eussent été suffisants pour payer l'intérêt total du capital engagé dans sa construction. Or, c'est le contraire qui a eu lieu. D'une part, le capital réel a excédé notablement le capital déterminé; d'autre part, le capital s'est augmenté d'une somme considérable, provenant de l'insuffisance des produits. Le dividende des Compa-

gnies, celui surtout des compagnies de l'Ouest et de l'Est, menaçait de subir une très-forte réduction à l'époque fatale de 1864 ou de 1865, où devait cesser le payement de l'intérêt des obligations des nouveaux réseaux à l'aide d'un accroissement de capital. Le gouvernement, cependant, voulait exécuter un troisième réseau moins productif encore que le second, en s'adressant de nouveau aux Compagnies pour le construire et l'exploiter.

Dans ces circonstances difficiles, et pour les Compagnies et pour le gouvernement, le ministre des travaux publics a consenti à une révision de la convention de 1859 sur les bases suivantes : Le gouvernement étend la garantie d'intérêt de 4 fr. 65 pour 100, qui ne s'appliquait qu'à un capital déterminé au capital total, augmenté de celui provenant des insuffisances de produits; il garantit le même intérêt pour un nouveau capital-obligations devant servir à la construction du troisième réseau; il permet de réduire les dépenses en tolérant des pentes de 25 millimètres et des rayons de courbure de 300 mètres, en autorisant la pose d'une seule voie dans la plupart des cas, et même quelquefois l'établissement des travaux d'art et des terrassements pour une voie unique. Enfin, le produit du second réseau, au delà duquel l'excédant appartient à l'État, a été augmenté. Pour le chemin de l'Est, il a été porté, par kilomètre, de 27,800 à 29,000 francs.

Le dividende que laissait espérer aux actionnaires la convention de 1859 n'est pas maintenu par la nouvelle convention de 1863, mais les calculs ont été faits de manière à assurer autant que possible aux actionnaires un revenu de 5 à 6 pour 100 du capital de leurs actions, estimées aux prix courants.

Grande-Bretagne. — La Grande-Bretagne, d'après un tableau très-détaillé publié par M. Hauchecorne, aurait possédé, dès le commencement de l'année 1863, 22,118 kilomètres de chemins de fer en exploitation, se subdivisant de la manière suivante :

Chemins en Angleterre. . .	16,321	kilom.
— Écosse. . . .	3,180	—
— Irlande. . .	3,617	—
Total. . .	22,118	kilom.

De 1863 à ce jour, 600 ou 700 nouveaux kilomètres auraient été, d'après les journaux anglais, livrés à l'exploitation. Si on jette un coup d'œil sur une carte des chemins de fer anglais, on trouve que les mailles du réseau sont si serrées que l'on a de la peine à comprendre comment il serait possible d'y intercaler de nouvelles lignes, et cependant une étendue assez considérable de voies ferrées, mais dont nous ne saurions fixer la grandeur exacte, est en construction.

En Écosse, la ligne du littoral s'étend presque jusqu'au point le plus septentrional, et un nouveau chemin est en construction dans l'intérieur de Dunkeld à Forres (golfe de Murray).

L'Irlande, un peu moins riche que l'Angleterre en voies à vapeur, possède toutefois aujourd'hui un assez beau réseau. De Dublin partent, dans toutes les directions, de grandes lignes aboutissant aux ports principaux Wexford, Waterford et Cork dans le Midi, Tralee, Galway et Newport dans l'Ouest, Londonderry et Belfast dans le Nord. Et ces grandes artères sont reliées les unes aux autres par des voies transversales qui desservent l'intérieur du pays.

Parmi les chemins ouverts en 1863, il faut consacrer une mention spéciale au grand chemin métropolitain qui s'étend au travers de la ville de Londres, de Farringdon-street à Paddington, partie en souterrain, partie sur arcades.

Les locomotives circulant dans la partie souterraine condensent leur vapeur et brûlent leur fumée. Ce chemin doit être prolongé. Il a obtenu un tel succès qu'un grand nombre de demandes en concession pour des voies du même genre à établir dans l'enceinte de la ville de Londres ont été adressées au gouvernement.

Belgique. — La Belgique, déjà si riche en chemins de fer voit cependant son réseau grandir chaque année. Le tableau suivant indique les accroissements successifs.

La longueur des chemins exploités étant :

Au 1er janvier 1860 de.	1714	kilomètres.
devient au 1er janvier 1861 de.	1729	—
1er janvier 1862 de.	1824	—
1er janvier 1863 de.	1906	—
1er janvier 1864 de.	2011	—

Des 2011 kilomètres livrés à la circulation, du 1er janvier 1864,

sont exploités par le gouvernement.	748	—
par l'industrie privée.	1263	—
Total	2011	kilomètres.

Sont en construction également au 1er janvier 1864	422	kilomètres.
décrétés et non encore entamés	1168	—
Total du réseau	3601	kilomètres.

Du 1er janvier 1864 au 1er septembre, près de 80 nouveaux kilomètres ont été concédés et plusieurs projets sont à l'étude.

Parmi les lignes ouvertes depuis 1860 on remarque le chemin de Saint-Ghislain à Gand qui rapproche considérablement la métropole industrielle de la Belgique, des lieux d'extraction de la houille. La ligne de Gand à Eccloo, le chemin de Liége à Maestricht, de Dinant à la frontière vers Givet, de Louvain à Herrenthals, de Noldeghem à Bruges, de Bruges à Blankenberg et enfin de Tongres à Munsterbitsen.

Parmi les chemins concédés, on en remarque plusieurs tels que ceux de Malines à Terneuzen, de Saint-Nicolas à la frontière néerlandaise, etc., qui facilitent les relations de la Belgique avec la Hollande, plusieurs aussi qui vont se souder au réseau français, tels que les chemins de Bouillon à Rochefort, avec raccordement vers Mézières, de Poperinghe vers Hazebrouck, etc., et enfin un chemin d'Anvers vers Düsseldorff.

Une Compagnie s'est formée en Angleterre pour exécuter plusieurs lignes d'une assez grande importance rayonnant de Bastogne dans le Luxembourg : 1° à Sedan et Coblentz ; 2° à Trèves en traversant le grand-duché ; 3° à Givet, 4° à Aix-la-Chapelle. — Ces lignes sont à l'étude.

Pays-Bas. — Voici d'après M. Hauchecorne, quels étaient en 1863 les chemins néerlandais en construction, concédés et en exploitation :

DÉSIGNATION DES LIGNES.	EXPLOITÉES.	EN CONSTRUCTION.	DÉCRÉTÉES.	TOTAUX.
Chemins de fer construits par l'État.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
D'Arnheim à Leuvarden, par Zevolle.	»	28	138	166
De Harlingen à la frontière de Hanovre, par Leuvarden et Groningue	»	25	99	124
De Groningue à Meppel, avec tronc commun de Meppel à Arnheim avec le chemin d'Arnheim à Leuvarden	»	»	73	73
De Zütphen à la frontière de Hanovre	»	»	68	68
De Maestricht à Bréda, par Wanloo.	»	65	114	179
De Rosendael à Flessingue	»	13	61	74
De Wanloo à la frontière de Prusse	»	»	6	6
D'Utrecht à Boxtel	»	12	49	61
De Rotterdam à Bréda	»	»	42	42
D'Amsterdam à Nieuvendiep.	»	31	64	95
TOTAUX	»	174	714	888
Chemins exploités par des Compagnies.				
D'Amsterdam et de Rotterdam à Emmerich (frontière d'Allemagne), par Utrecht	187	»	»	187
D'Amsterdam à Rotterdam, par la Haye	85	»	»	85
D'Utrecht à Zevolle	»	»	87	87
D'Anvers à Rotterdam (Anvers à Moerdyck) et de Rosendael à Bréda.	81	»	»	81
TOTAUX.	»	»	»	440

Les chemins construits par l'État constituent le réseau déjà indiqué dans notre premier volume, comme ayant été décrété en 1860. Une partie seulement était en construction en 1863.

Le chemin d'Utrecht à Zwolle est exploité depuis 1863.

Nous avions ainsi pour les chemins décrétés et construits en 1864. . . . . 174 kil.

Décrétés simplement à l'étude. 714

Total. 888

La longueur des chemins en exploitation (y compris celui d'Utrecht à Zwolle) étant de. 440

La longueur totale des chemins décrétés en exploitation, en construction ou simplement à l'étude serait donc de. . . . . 1,328 kil.

La section du chemin de Rotterdam à Bréda, comprise entre Rotterdam et le Moerdyk, ne paraît pas avoir été comprise dans la liste de M. Hauchecorne; autrement la longueur totale de la ligne dépasserait 42 kilom.

Enfin, une nouvelle ligne longue de 12 kilomètres de Zwolle, et le port de Kampen a été récemment concédée à MM. Parent, Schaken et Comp.

Allemagne. — Le tableau suivant dont les éléments nous ont été fournis par M. le docteur Meyer, auteur d'une belle carte des chemins de fer d'Allemagne, indique les progrès faits par les chemins de fer en Allemagne, depuis l'impression de notre premier volume.

ALLEMAGNE	CHEMINS LIVRÉS A L'EXPLOITATION.			
	1er JANVIER 1861	1er JANVIER 1862.	1er JANVIER 1863.	1er JANVIER 1864.
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Autriche	4,580	5,049	5,297	5,450
Prusse	5,175	5,356	5,457	5,750
Bavière	1,400	1,717	1,770	1,945
Palatinat	201			
Saxe (royaume)	680	970	996	906
Saxe (duchés)	200			
Wurtemberg	336	348	400	457
Grand-duché de Bade	500	404	488	589
Autres États d'Allemagne	1,382	1,415	1,595	1,047
	14,454	15,259	16,003	16 782

Dans cette période de temps on a comblé des lacunes qui ont permis d'exploiter dans leur entier les chemins de Paris à Vienne par Strasbourg, Stuttgart et Munich; de Pesth à Trieste et Venise; de Prague à Munich par Fürth; de Varsovie à Bromberg, avec branches sur Dantzig et sur Stettin; de Luxembourg à Sarebrück par Trèves; de Cologne à Francfort par Wetzlar et Giessen et de Bâle à Constance par Valdshut.

Depuis le 1er janvier 1864, ont été livrés au public : 13 nouveaux kilomètres en Prusse; 29 en Bavière (Palatinat); 15 dans le Hanovre et 37 en Autriche (chemin du Sud de l'Autriche).

Dans le grand-duché de Luxembourg, on étudie un chemin de fer de Luxembourg à Sarebrück par Esch et Bettembourg vers Mer-

zig. Ce chemin relierait les mines de fer d'Esch, Athus et Ottangs au bassin houiller de la Saxe, en évitant le grand détour que fait la voie actuelle.

Bientôt Inspruck sera réuni à Botzen, par le chemin qui franchira le Brenner, et la Bavière sera mise en communication directe avec l'Italie septentrionale. Enfin le chemin de Cracovie à Sembez sera prolongé par Cracovie jusqu'à la frontière de Moldavie

D'après un rapport du ministère du commerce autrichien, sur les chemins de fer à construire en Autriche, les lignes suivantes ont été déclarées indispensables au complément du réseau national ; leur construction sera commencée prochainement.

	kilom.
Vienne–Budweis–Pilsen à la frontière	429
Erad-Alvinez–Rothenthurmpass	313
Alvinez-Carlsbourg	9
Kaschau–Oderberg	322
Locaru-Legnano	54
Szegedin–Essegg	136
Kaniza-Funfkirchen–Essegg	250
Essegg-Fiume	400
Essegg–Semlin	178
Pragen–Carlsbad-Egger	186
Inspruck-Feldkirch–Dornbich	178
Brixen–Villach	107
Villach-Udine	114
Debreczin–Szigeth-Suczawa	448
Hern-Znaim-Brunn-Prérau	174
Bruck-s.-Mur-Styer–Haag	144
Total	3,532

Les lignes suivantes ont également été reconnues utiles, mais la construction en est moins urgente.

	kilom.
Znaim-Pardubitz	162
Budweis-Prague	152
Schwadowitz-Konigshain	23
Iungbunzlau-Rumbourg	83
Prague-Nevatowitz	27
Teplitz-Commotau–Carlsbad	85
Linz-Budweis	91
Braunau-Neumarkt	55
A reporter	676

	kilom.
Report.	676
Salzbourg-Rattemberg.	182
Imst-Vils.	61
Mantoue-Borgoforte.	11
Rovigo-Pontelagosairo.	25
St.-Pater-Fiume.	57
Groswardein-Izegedin.	178
Marbourg-Pettau.	25
Stullweissenbourg-Essegg.	243
Agram-Kottori.	110
Gr.-Kikinda-Erdod	129
Arad Temesvar.	51
Alvincz-Carlsbourg-Clausenbourg.	171
Czernowitz-Suczawa à la frontière russe.	118
Lemberg-Brody.	87
Kaschau-Tarnow.	197
Pest-Miskolcz	182
Neusohl-Suczan.	68
Weiskirchen-Sillein.	121
Pucho-Dioszeg.	124
Troppau-Zuckmantel.	64
Olmutz.	80
Clausenbourg-Szigeth.	209
Carlsbourg-Cronstadt à la frontière	305
Total.	3,468

La longueur totale des lignes projetées est donc d'environ 7,000 kilomètres.

Danemark, y compris ses anciennes provinces. — M. le baron Delong, consul général du Danemark, a bien voulu nous communiquer la note suivante sur les chemins de fer du Danemark, y compris le Jutland, le Sleswig et le Holstein, au 1er juillet 1864.

LIGNES EN EXPLOITATION.

Seeland.	Chemin de Copenhague à Korsoer, d'environ.	110	»
	Chemin de Copenhague par le nord à Elseneur.	60	»
	Avec embranchement à Klampenborg.	5	7
Jutland.	Chemin d'Aarhuus à Randers, d'environ.	58	5
	Chemin de Laugaae (station de la ligne d'Aarhuus à Randers) par Viborg, Skive à Struer.	102	7
Sleswig.	Chemin de Flensburg à Fonnagen, d'environ.	71	2
	Avec embranchement à Rendsburg.	40	2
	A Sleswig.	5	5
	Chemin de Flensburg par le Nord, à Aabenraa.	30	»
	A reporter.	483	8

	Report.	483 8
Holstein.	Chemin de Kiel à Altona.	105 »
	Avec embranchement de Neumunster à Rendsburg.	34 5
	Et d'Elmshorn par Glückstadt, à Itzehoe. . .	34 »
	Total.	657 3

LIGNES EN CONSTRUCTION.

Fionie.	Chemin de Nyborg à Strib, près de Middelfort (embarquement pour le Jutland à Fredericia), d'environ.	70 »
Jutland.	Chemin de Fredericia à la frontière de Sleswig (Vandrup), d'environ.	37 5
Sleswig	Chemin d'Aabenraae par le nord à la frontière de Jutland (Vandrup).	69 »
Holstein.	Chemin de Hambourg à Lubeck par le duché de Holstein.	67 »
	Total.	243 5

LIGNES DÉFINITIVEMENT CONCÉDÉES, QUI VONT ÊTRE CONSTRUITES.

Jutland.	Chemin de Fredericia par Veile et Horsens à Aarhuus, environ.	120 »
	Chemin de Randers par Hobro à Aalborg.	82 5
Holstein.	Ligne de Neumunster par Ploën à Neustadt.	61 5
	Ligne de Kiel à Ploën.	30 »
	Total.	294 0

Les lignes en Seeland, sont construites par une Compagnie avec garantie de 4 pour 100 donnée par l'État.

Les lignes en Fionie et Jutland sont construites pour le compte de l'État d'après des marchés faits avec une Compagnie anglaise. Ces lignes appartiennent par conséquent à l'État. L'exploitation sera faite par une Compagnie, à laquelle le matériel appartient.

Les lignes en Sleswig et Holstein sont construites par des Compagnies qui les exploiteront pour leur propre compte.

Espagne. — L'Espagne, d'ici à un petit nombre d'années, possédera un réseau de chemins de fer qui aura certainement pour effet d'accroître considérablement la richesse de ce pays privé pendant longtemps de bonnes voies de communication.

Les chiffres qui suivent indiquent les progrès faits dans la construction des chemins de fer en Espagne, depuis le 1er janvier 1859 jusqu'au 1er janvier 1864.

Ainsi l'étendue des chemins de fer en exploitation en Espagne était :

Au 1er janvier	1859	de	867	kilomètres.
—	1860	de	1,138	
—	1861	de	1,976	—
—	1862	de	2,403 [1]	—
—	1863	de	2,728	—
—	1864	de	3,569	—

On a donc ouvert :

Dans le courant de	l'année	1860.	. 271	kilomètres.
—	—	1861.	. 876	—
—	—	1862.	. 427	—
—	—	1863.	. 325	—
—	—	1864.	. 841	—

Soit en moyenne, par année, 547 kilomètres.

La longueur totale du réseau concédé qui, n'était que de 3,937 kilomètres en 1860, est, au 1er janvier 1864, de 5,930, dont 64 sont des chemins à traction de chevaux.

Du 1er janvier au 1er juillet 1864 on a livré à l'exploitation les chemins de

Les grandes artères terminées au 1er janvier 1863, ou qui le seront dans le courant de l'année 1864, sont :

Les lignes de Madrid à Alicante, avec embranchement à Almansa, sur Valence, de Madrid à Barcelone, par Saragosse, avec embranchement sur Pampelune, de Madrid à Irun, par Valladolid, Burgos et Vittoria à Irun, se soudant à Irun au chemin d'Irun à Paris, de Madrid à Badajoz par Ciudad-Real se soudant à Badajoz au chemin de Badajoz à Lisbonne, et enfin le chemin transversal de Bilbao à Barcelone, par Tudela et Saragosse, avec embranchement sur Pampelune.

La grande artère de Madrid à Cadix a un tronc commun avec la

[1] Et non 3,403 indiqués dans le premier volume par erreur d'impression.

ligne d'Alicante qui s'étend de Madrid à Alcazar (145 kilom.), et le chemin de Badajoz s'en détache à Manzanarès, à 49 kilomètres au delà d'Alcazar. Cette artère est parcourue par les locomotives de Madrid jusqu'à Santa-Cruz de Mudela sur une longueur de 236 kilomètres, et de Cordoue à Cadix, par Séville, sur une longueur de 266 kilomètres. Mais il reste une lacune de 201 kilomètres à terminer entre Santa-Cruz de Mudela et Séville. Le petit embranchement qui s'en détache à Castillejo sur Tolède est exploité depuis longtemps.

Le chemin de Madrid à Santander a un tronc commun avec celui de Madrid à Irun, entre Madrid et la Venta de Boanos (278 kilom.). De ce point de soudure à Reinosa (140 kilom.) la voie est exploitée ainsi que de Barcena à Santander (54 kilom.). Il reste une petite lacune de 33 kilomètres à combler entre Reinosa et Barcena.

Un embranchement conduit d'une station du chemin du Nord (Alsasua) à Saragosse.

La grande voie du littoral de la Méditerranée avec embranchement sur Reus, Montblanch et Lerida partant de Valence, et devant passer à Tarragone, Barcelone et Girone pour aboutir à la frontière de France, est achevée entre Barcelone et la frontière, de Valence à Benicarlo (76 kilom.), et de Barcelone à Martorell (27 kilom.). Mais il reste encore une lacune considérable à remplir entre Benicarlo et Tarragone (184 kilom.) et de Tarragone à Martorell (75 kilom.). Les travaux sont poussés avec vigueur. Le travail le plus important est terminé.

La ligne transversale partant du chemin du Nord (Madrid à Irun) pour conduire au port de Vigo, par Palencia, Léon et Orense, n'est encore livrée à l'exploitation qu'entre Palencia et Léon (122 kilom.).

Le chemin de Murcie à Carthagène (64 kilom.), section de l'embranchement qui se détache de la station de Chinchilla sur le chemin de Madrid à Alicante pour conduire à Carthagène, a été livré au public en 1863.

On pousse activement les travaux entre Murcie et Chinchilla.

Le chemin de Cordoue à Malaga, déjà exploité sur 37 kilomètres de longueur de Alora à Malaga, sera prochainement terminé.

En dehors des chemins que nous venons de passer en revue et

qui sont presque tous de grandes artères, le nombre de ceux qui ont été exécutés ou qui sont concédés est peu considérable.

Parmi les chemins exécutés, nous citerons ceux de Sama, de Langreo à Gijon (38 kilom.), qui met en communication le magnifique bassin houiller des Asturies avec le port de Gijon, de Barcelone à la Rambla Santa-Coloma par Granollers (68 kilom.) parallèlement à la ligne du littoral construite de Barcelone à la Rambla Santa-Coloma, par Arenys del Mar (68 kilom.), et s'y soudant à cette dernière station, et enfin le petit chemin de Barcelone à Savia (4 kilom.).

Les chemins concédés et non terminés sont :

Les chemins de Medina del Campo, station du chemin du Nord à Zamora, ville sur le Douro, à une petite distance de la frontière de Portugal (89 kilom.); Quintanilla, station du chemin d'Alar del Rey à Santander, à Orbeo (12 kilom.); Santiago al Carill (43 kilom.); des mines de Triano à la rivière de Bilbao (8 kilom.), de Tardiente, station du chemin de Saragosse à Barcelone, à Huesca (21 kilom.); de San Santurnino à Igualada (27 kilom.), autre embranchement du même chemin; de Cordoue à Espiel y Belmez (79 kilom.) embranchement du chemin de Madrid à Cadix, destiné à faciliter l'exploitation d'un riche bassin houiller; de Campillos à Grenade (34 kilom.), embranchement du chemin de Cordoue à Malaga; d'Utrera à Moron (36 kilom.) et de Tarsis à Odiel.

Sont projetés, mais ne sont pas encore concédés :

Un chemin d'une station de la ligne de Palencia à Vigo, au port de la Corogne par Lugo; un chemin de Cacerès à la ligne de Ciudad-Real à Badajoz; un chemin de Trujillo à une station de la même ligne, au chemin de Medina del Campo à Salamanca, et enfin un chemin d'Espiel y Belmez à la même ligne.

Le réseau terminé, toutes les villes de quelque importance en Espagne seront desservies par des voies ferrées, à l'exception d'Oviedo et Ségovie, qui, peu éloignées des grandes lignes, leur seront probablement reliées par des embranchements.

Parmi les lignes concédées il en est une, celle des mines de Triano à la rivière de Bilbao, qui est périmée.

L'énumération que nous venons de faire des différentes lignes

construites ou en construction du réseau espagnol, a été faite d'après un tableau publié par le gouvernement espagnol.

Une commission d'ingénieurs composée de MM. Carlos Maria de Castro, Carlisto Santa-Cruz, Jacobo Gonzalès Cernao et Gabriel Rodriguez, nommés à la suite de la présentation du projet de loi de M. Ardanaz, propose au gouvernement de compléter le réseau par la concession des lignes suivantes, aux Compagnies qui se présenteraient pour les exécuter :

Une ligne de Medina del Campo à Salamanca, avec prolongement sur la frontière de Portugal vers Oporto.

Une ligne directe de Madrid à Valladolid par Ségovie.

Une ligne suivant le littoral de Santander à Bilbao, avec prolongement sur le Guipuzcoa.

Une ligne de Santander dans les Asturies en suivant le littoral.

De Bandos à Castejoz par Almazan, Soria et Agrados.

De Hueska à la frontière de France.

De Pampelune à la frontière française par Zubiri.

De Barcelone à Tarragone par la côte.

De Valence à Madrid par Cuença.

D'Albacète à Carthagène par Hellin, Ciezar et Murcie.

De Alicante à la ligne d'Albacète à Murcie.

De Lugo à Rivadeo.

De Betanzo à Ferrol.

De Redondella à Pontevedra.

De Coruna à Santiago.

De Pontevedra à la ligne de Santiago, à Carril.

De Pontevedra à la Corogne.

De Rivadeo à Oviedo.

Il est probable qu'une grande partie de ces lignes faisant concurrence à des lignes déjà exploitées, ne seront construites que dans un avenir plus ou moins éloigné, lorsque la circulation sur les premières sera suffisamment active.

La ligne de Barcelone à Valence par Tarragone sera livrée prochainement à l'exploitation sur toute sa longueur. Mais celle de Girone à la frontière de France, présentant de grandes difficultés au passage des montagnes, ne le sera que dans trois ans.

Portugal. — La note suivante sur les chemins portugais nous a été obligeamment communiquée par M. Schmidt, ingénieur, ancien élève de l'École centrale, attaché aux travaux du chemin de Lisbonne à Oporto.

La ligne de l'Est, qui relie Lisbonne à la frontière d'Espagne, près de Badajoz, a 280 kilomètres de longueur. Elle est livrée à la circulation depuis le 24 septembre 1863.

On vient d'ouvrir récemment, sur le territoire espagnol le chemin de Badajoz à Merida, long de 60 kilomètres. Les 280 kilomètres restant pour atteindre Ciudad-Real, ne seront achevés que vers la fin de 1864, époque à laquelle on pourra aller directement en chemin de fer de Paris à Lisbonne par Madrid.

Une nouvelle ligne plus directe, de Madrid à Lisbonne, est à l'étude et sur le point d'être concédée.

Elle passerait par Cacerès, en laissant Badajoz à sa gauche, couperait la frontière de Portugal près d'Alcantara et viendrait s'embrancher sur la ligne de Lisbonne à Badajoz, à la hauteur d'Assuma (226 kilomètres de Lisbonne). Le parcours de Madrid à Lisbonne se trouverait ainsi abrégé d'environ 80 à 100 kilomètres.

La ligne du Nord, de Lisbonne à Oporto, n'a été livrée à la circulation que le 7 juillet 1864. Cette ligne s'embranche sur le chemin de l'Est à 102 kilomètres de Lisbonne entre Torre, Novas et Berquinha. Le parcours de la station d'embranchement à Oporto est d'environ 250 kilomètres.

Le chemin n'aboutit encore qu'à Villa Nova de Gaya, sur la rive gauche du Douro, tandis que Oporto se trouve en face sur la rive droite. On rencontre, pour passer le fleuve des difficultés telles que l'on sera obligé de faire un détour d'une dizaine de kilomètres.

Le prolongement de cette ligne vers Braga et la frontière d'Espagne (Gallice) est à l'étude. On rédige aussi les projets d'un embranchement d'Oporto à Regoa.

La ligne du sud de Lisbonne à Beja a été complétée et livrée au public en février 1864. La gare extérieure desservant Lisbonne se trouve à Basseras, de l'autre côté du Tage, qui, en cet endroit, a 6 kilomètres de largeur.

A Pinhal Novo (15 kilomètres de Barrera), se détache un embranchement sur Setubal.

Une nouvelle ligne devant réunir le chemin du Sud à celui de l'Est vient d'être concédée. Elle partira d'Evora vers la ligne du Sud, pour aboutir à Crato, sur la ligne de l'Est, à 199 kilomètres de Lisbonne.

On étudie des chemins en prolongement de la ligne de Lisbonne à Beja, l'un se dirigeant vers la mer, l'autre vers Séville.

La ligne de l'Ouest, de Lisbonne à Cintra, longue de 28 kilomètres seulement, avait été concédée à une Compagnie qui est tombée en déchéance. De nouvelles propositions ont été adressées récemment au gouvernement portugais pour l'exécution de cette ligne.

Les chemins portugais présentent, sur la plus grande partie de leur longueur, des pentes de 15 millimètres. La limite inférieure du rayon des courbes est de 500 mètres.

Les travaux d'art ont été exécutés pour deux voies, les terrassements pour une seule.

Suisse. — Du 1[er] janvier 1861 jusqu'à ce jour (1[er] juillet 1864) le réseau suisse ne s'est accru que d'un petit nombre de kilomètres.

En 1861, un seul chemin a été livré à l'exploitation, c'est celui de Lausanne à Villeneuve, qui a complété la grande ligne de Genève à Sion, vers le Simplon et l'Italie. Une compagnie anglaise se présente en ce moment pour le prolonger jusqu'au pied du Simplon.

En 1862, on a ouvert le chemin de Fribourg à Lausanne (68 kilom.), complétant celui de Lausanne à Berne, celui de Bâle à Viesenthal (5 kilom.).

En 1863, on a livré en même temps à la circulation la partie allemande et la partie suisse du chemin de Valdshut (grand-duché de Bade) à Constance.

En 1864, on vient d'ouvrir les chemins de Berne à Bienne, de Berne à Langnau, section du chemin de Berne à Lucerne et de Lucerne à Zug.

Le développement des voies ferrées en Suisse est singulièrement entravé par les incroyables exigences de certains gouvernements cantonaux et par leur peu de bienveillance à l'égard des compagnies financières.

Italie. — Le gouvernement italien a fait de grands efforts pour étendre le réseau commencé avant l'époque de l'indépendance. — En avril 1859, le total des lignes décrétées ne dépassait pas 2,592 kilomètres, divisés de la manière suivante :

ROYAUME D'ITALIE.	LIGNES en EXERCICE.	LIGNES en CONSTRUCTION.	LIGNES seulement CONCÉDÉES.
	kilom.	kilom.	kilom.
Sardaigne.	807	59	»
Lombardie.	200	40	180
Emilie	33	147	276
Ombrie et Marches.	»	»	360
Toscane.	308	16	38
Naples	124	»	»
Sicile.	»	»	»
	1 472	260	854

En octobre 1862, les chemins de fer en exploitation, en construction, concédés ou à l'étude, dans la péninsule et les îles, pouvait se diviser en sept groupes principaux, savoir :

GROUPES	LIGNES en EXPLOITATION	LIGNES en CONSTRUCTION	LIGNES CONCÉDÉES.	LIGNES A L'ÉTUDE
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
I. Septentrional	913	527	»	200
II. Vallée du Pô, territoire du royaume	556	211	125	»
Vallée du Pô, territoire vénitien	475	»	»	44
III. Central Tyrrhène	389	649	»	»
IV. Central romain, territoire du royaume	380	255	»	22
— territoire pontifical.	217	84	»	45
V. Méridional napolitain.	56	370	690	»
VI. Calabrais sicilien	»	40	»	897
VII. Ile de Sardaigne.	»	»	388	10
TOTAUX PAR COLONNES.	2,075	1,027	1,201	1,227

Total pour le réseau italien, 7,530 kilomètres.

En défalquant de ce tableau les lignes du territoire vénitien et du

territoire pontifical, qui ne figurent pas dans le tableau de 1859, on obtient les rapprochements suivants :

	LIGNES en EXERCICE.	LIGNES en CONSTRUCTION	LIGNES concédées ou à l'étude.
	kilom.	kilom.	kilom.
Avril 1859.	1 472	266	854
Octobre 1862.	2.283	1 843	2 338
Différences.	811	1.577	1.485

Ainsi, depuis le mois d'avril 1859 jusqu'à la fin de 1862, malgré les circonstances difficiles dans lesquelles le pays s'est trouvé, on a livré à l'exploitation 811 kilomètres de voies ferrées; on a ouvert les travaux sur une longueur de 1,577 kilomètres; enfin les nouvelles lignes que l'on a concédées depuis cette époque, ou dont on a établi les études, et qui sont prêtes à être mises en construction, ont une étendue de 1,485 kilomètres. C'est un résultat qui permet de bien augurer de l'avenir. L'important, en effet, était de jeter tout d'abord les bases d'un bon réseau primaire, soudant toutes les lignes pour en faire un ensemble puissant et vivifiant, satisfaisant à tous les besoins du trafic national et du commerce général.

Si l'on jette un coup d'œil sur une carte de la péninsule, on s'aperçoit que la nature elle-même semble avoir tracé les grandes lignes de ce plan. Les deux grandes bases de tout le système sont deux longues lignes qui suivent les côtes de l'Adriatique et celles de la Méditerranée, et vont se souder à l'extrémité de la péninsule. Sur les points principaux, des lignes transversales mettent les deux branches mères en communication entre elles, ou rayonnent autour des grands centres de population et d'industrie. Des deux lignes principales, l'une suit, comme nous l'avons dit, les bords de la Méditerranée; elle touche Naples, Cività Vecchia, Livourne, la Spezzia, Gênes, et sur la fin de son parcours, étroitement resserrée entre l'Apennin et la mer, pénètre en France par Nice. La

seconde ligne ne s'éloigne guère des côtes de l'Adriatique jusqu'à Ancône : de là elle se dirige sur Bologne; et, en pénétrant dans la riche vallée du Pô, elle se fond en un vaste réseau, au milieu duquel on peut distinguer les quatre branches principales que forme la grande ligne primitive. Une première branche, qui se maintient dans la direction du tronc principal, va toucher Parme, Plaisance, Alexandrie, Turin, et pénètre par le mont Cenis et Lyon dans la France centrale; une seconde ligne, se détachant de la précédente à Plaisance, conduit à Milan, et par Gallarate, Sesto Calende et le Simplon, pénètre en Suisse et ouvre par là la communication la plus directe entre l'Italie du Nord et de l'Adriatique, et Paris, la France du Nord, l'Angleterre et l'Allemagne occidentale; une troisième branche, se détachant à Modène et pénétrant par Mantoue et Vérone dans le Tyrol, donne une entrée sur l'Allemagne centrale et méridionale, la quatrième bifurcation, enfin, partant de Bologne et se dirigeant droit au nord, dessert Venise et Trieste, puis pénètre ensuite en Autriche. Tel est le plan général dont l'Italie poursuit la réalisation.

Dans la construction de ses chemins de fer, le gouvernement italien n'a pas adopté, au point de vue financier, de système absolu : il s'est déterminé d'après les circonstances. Tantôt il a construit lui-même et il exploite; tantôt, après avoir confié la construction à une Compagnie, il s'est chargé d'exploiter à diverses conditions.

L'année 1862 a été signalée par l'ouverture du chemin de fer de Rome à Naples dans toute son étendue (250 kilomètres). On a, la même année, livré à l'exploitation le chemin de Bologne à Pistoja (1re section de celui de Bologne à Vergato), long de 39 kilomètres, ainsi que la dernière station du chemin de Pise à Massa, longue de 42 kilomètres, et on a complété le chemin d'Empoli à Chiusi par Sienne.

Depuis la fin de 1862, époque à laquelle ont été écrites les lignes qui précèdent, empruntées au journal publié à Turin, par M. Pascal Duprat, sous le nom d'*Italie Nouvelle*, la situation a changé.

Le tableau suivant, que nous extrayons du *Moniteur des intérêts matériels*, nous les fournit pour le 1er janvier 1864.

LONGUEUR DU RÉSEAU ITALIEN, NON COMPRIS LES CHEMINS DE LA VÉNÉTIE ET DE L'ÉTAT PONTIFICAL.

	Total concédé.	Total exploité.
Piémont	1,581	908
Lombardie	701	452
Italie centrale	920	545
Toscane	798	410
Naples	2,010	385
Sicile	520	15
Sardaigne	390	»
Totaux	6,970	2,681

Le Moniteur des intérêts matériels, résume de la manière suivante les conditions géographiques du réseau italien :

Ligne du littoral de la Méditerranée, ligne du littoral de l'Adriatique ; quatre chemins de jonction à travers les Apennins ; chemin stratégique au centre de la péninsule ; réseau du Nord aboutissant aux Alpes à onze points différents ; réseau insulaire de la Sardaigne et de la Sicile.

La ligne centrale longeant les flancs des Apennins, part de Plaisance, relie Parme, Reggio, Emilie, Modène, Bologne, Florence, Vienne, Orvieto, Bâle et aboutit à Rome.

Parmi les lignes qui aboutiront au pied des Alpes, celle de Pise se prolongera vers la France au travers du mont Cenis. Une ou plusieurs des lignes du Nord, vers la Suisse et l'Allemagne, par le Simplon, le Saint-Gothard ou le Leukmanier. Le chemin des Bresmes, aujourd'hui en construction, établira une nouvelle liaison entre le réseau italien et le réseau allemand.

Depuis le 1er janvier 1864, on a livré à l'exploitation le chemin dit des Maremmes, depuis Livourne jusqu'à la frontière romaine près d'Orbitello, sur toute sa longueur. La seule lacune restant à combler pour relier Rome au nord de l'Italie au moyen de la vapeur est celle de Civitâ Vecchia à la frontière toscane, longue de 40 kilomètres ; le chemin de Bologne à Florence, par Pistoja qui, traversant les Apennins, met en communication la Toscane avec tout le réseau du nord de l'Italie.

Si l'on remonte à l'année 1860, époque à laquelle a été imprimé le 1er volume, on distingue parmi les chemins livrés à l'exploitation depuis lors, ceux de Bologne à Ancône, de Rome à Naples, de Milan à Plaisance, de Bologne à Ferrare et Porte-Lagoscouro, Milan à Pavie, Bologne à Verata, Pise à Massa Empoli, à Chiusi par Sienne, Ancône à Pescara et de Pescara à Trani, Ortona Foggia, Barletto et d'Eboli à Salerne. La ligne de Trani à Brindisi est très-avancée, en sorte que le chemin du littoral de l'Adriatique sera prochainement terminé dans toute sa longueur ou à peu près et que Turin ainsi que Milan seront mis en communication par une voie ferrée non interrompue avec le port de Brindisi. On s'embarquerait alors pour l'Inde; les voyageurs et les marchandises venant d'Angleterre ou de France, par la voie du mont Cenis, ou mieux encore par celle du Simplon.

Le chemin du littoral de la Méditerranée, au delà de Livourne jusqu'à Gênes, s'arrête encore à Eboli et présente deux lacunes, l'une de Gênes à Spezzia et l'autre d'Orbitello à Rome (40 kilomètres), ces lacunes seront comblées prochainement, et la ligne prolongée au delà d'Eboli. Le chemin est en construction de Gênes à Nice. Il présente de très-grandes difficultés qui en retarderont l'ouverture.

Turquie. — Il n'existe encore en Turquie d'autre chemin de fer que celui de Czernavoda, sur le Danube, au port de Kustendjee sur la mer Noire, qui sera sans doute plus tard relié aussi au réseau moldo-valaque. Mais le chemin de Routschouk à Varna est fort avancé, l'on s'occupe de l'étude d'un réseau dans lequel serait compris le chemin de Constantinople à Andrinople, et qui un jour sans doute se souderait également aux chemins moldo-valaques.

Nous devons les renseignements suivants, page 117, sur la situation des chemins de fer en Suède au mois de septembre 1864, à l'habile directeur général des voies de communication du gouvernement suédois, M. Troilius, qui a su imprimer à la construction et à l'exploitation des voies ferrées une activité des plus remarquables.

DÉSIGNATION DES CHEMINS	LONGUEUR PROJETÉE	LONGUEUR DÉCRÉTÉE	LONGUEUR EXPLOITÉE	LONGUEUR EN CONSTRUCTION	LONGUEUR À CONSTRUIRE	LONGUEUR ENSEMBLE
CHEMINS EXÉCUTÉS PAR L'ÉTAT *	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Ligne de l'Ouest (Stockholm à Gothembourg).	457	457	457	»	»	457
Ligne de l'Est (de Nassjö (station de la ligne du sud) à Katrineholm (station de la ligne de l'Ouest)	210	210	»	51	159	210
Ligne du Sud (de Malmö à Falköping (station de la ligne de l'Ouest). .	577	577	577	»	»	577
Ligne du Nord (de Stockholm à Robertsholm (station de la ligne de Geffe à Fahlun) par Upsala et Sala . . .	218	66	»	66	152	218
Ligne du Nord-Ouest (de Laxå (station de la ligne de l'Ouest) à Eda (frontière de Norvège) par Christinehamn et Arvika.	211	97	»	97	114	211
De Frövi (station de la ligne d'Orebro) à Brovallen (station de la ligne du Nord)	103	»	»	»	103	103
Ligne d'Orebro à Halsberg (station de la ligne de l'Ouest)	24	24	24	»	24	24
Ligne au travers de Stockholm, pour mettre en communication la ligne de l'Ouest avec celle du Nord.	3	3	3	3	3	3
	1,803	1,234	858	217	528	1,803
CHEMINS EXÉCUTÉS PAR LES COMPAGNIES *						
Ligne d'Orebro à Arboga et Nora . .	73	73	73	»	»	73
— de Geffe à Fahlun.	92	92	92	»	»	92
— de Boras à Herrljunga.	43	43	43	»	»	43
— de Ystad à Eslöf (station de la ligne du Sud)	75	75	»	75	32	75
— de Christianstadt à Hessleholm (station de la ligne du Sud) . . .	32	32	»	»	»	32
— de Eslöf (station de la ligne du Sud), à Landscrona et Helsingborg	38	38	»	38	»	38
— de Herrljunga (station de la ligne de l'Ouest) à Wenersborg et Uddevalla	94	94	»	94	»	94
— de Marma-Sandarne.	10	10	10	»	»	10
— de Söderhamn à Bergvik .	10	10	16	»	»	10
— de Hudiksvall à Forssa. . . .	11	11	11	»	»	11
— de Norberg	16	16	16	»	»	16
— de Atvidaberg	10	10	10	»	»	10
— de Wessman à Backen. . .	10	16	16	»	»	10
— de Frykstad à Lyckan . . .	8	8	8	»	»	8
— de Christinehamn à Sjöändan.	12	12	12	»	»	12
— de Ammeberg.	12	12	12	»	»	12
— de Wesjö à Alfvestad	19	»	»	»	»	19
— de Koping à Uttersberg . .	38	»	»	»	»	38
Huit voies ferrées à traction de chevaux.	45	»	45	»	»	45
	658	558	302	207	32	653

Russie. — Le réseau des chemins de fer russes, depuis 1861, s'est enrichi des lignes importantes qui complètent les chemins de Saint-Pétersbourg à Berlin, de Saint-Pétersbourg a Varsovie, de Moscou à Nijni-Novogorod, et du chemin de Varsovie à Bromberg (frontière de Prusse).

Ces chemins ont été livrés à la circulation dès l'année 1862, et la même année on a également terminé les chemins de Moscou au couvent de la Trinité, et de Moscou à Colomna.

Le réseau exploité sur le territoire russe au commencement de l'année 1863 se décomposait, d'après M. Hauchecorne, de la manière suivante :

	kilom
Saint-Pétersbourg à Moscou avec embranchement	652
Saint-Pétersbourg à Varsovie	1.162
Vilna à Eydkuhnen (ligne de Saint-Petersbourg à Berlin)	179
Moscou à Nijni-Novogorod (frontière d'Asie)	455
Riga à Dunabourg	277
Saint-Pétersbourg à Tsarkoe-Selo	28
Saint-Pétersbourg à Peterhoff, avec embranchement à Krasnoe-Selo	43
Moscou à Colomna	116
Moscou à Sergiwski-Posad (couvent de la Trinité)	74
Volga et Don	81
Grouchefsko-Don	65
Varsovie à Granica et Sosnowce avec embranchement (ligne de Varsovie à Vienne et à Cracovie)	543
Skoerniewice à Otloczyn (ligne de Varsovie à Bromberg	161
Total	3.586

Depuis que ce tableau a été dressé, aucune ligne nouvelle n'a été ouverte.

Si la grande ligne de Moscou à Odessa ne paraît pas avoir encore trouvé de concessionnaires sérieux, on n'en travaille pas moins, d'après *l'Invalide russe*, avec une grande activité au premier tronçon de ce chemin partant de Moscou et se dirigeant vers Serpoukhou et Toula.

La grande Compagnie russe a renoncé à la concession des chemins du Midi.

Parmi les chemins en exploitation ou en construction sont en

dehors du réseau exécuté par la grande Société les chemins suivants :

De Saint-Pétersbourg à Moscou, de Saint-Pétersbourg à Tzarskoe-Selo avec embranchement sur Pawlosk, de Saint-Pétersbourg à Peterhoff avec embranchement sur le camp militaire de Krasnoe-Selo, de Moscou à Jaroslaw, de Moscou à Saratow, le chemin du Don au Volga, celui de Helsingfors à Tawosthouss (Finlande), et enfin la ligne de Nocotscherkask (chef-lieu du pays des cosaques du Don, aux houillères du pays).

Les quatre premiers sont exploités depuis longtemps. La Compagnie qui avait entrepris le chemin de Moscou à Jaroslaw a dû, faute de capitaux, s'arrêter provisoirement au couvent de Troitra (Trinité), qui attire un grand nombre de pèlerins. La ligne de Moscou à Saratow doit avoir 120 kilomètres de longueur, mais les fonds ont manqué pour ce chemin aussi bien que pour celui de Jaroslaw, et les concessionnaires ont limité leur entreprise au petit tronçon de Moscou à Colomna, port intérieur assez important sur la rivière Moskowa qui se jette dans l'Oka, affluent du Volga.

La ligne ferrée du Volga au Don languit comme les précédentes, faute de capitaux. La dernière, construite par l'État, sert exclusivement au transport des charbons.

Europe. — Nous croyons utile de résumer dans le tableau page 120 et 121 la situation des chemins de fer dans les principaux États de l'Europe en 1864, ne donnant que quelques renseignements sur les autres parties du monde dont la situation, qui n'a presque pas changée, ne nous est qu'imparfaitement connue.

TABLEAU DES CHEMINS DE FER

ÉTATS.		SUPERFICIE en myriamètres carrés.	POPULATION.	POPULATION par myriamètre carré.
Grande-Bretagne [1].	Angleterre	1,501	17,051,000	11,914
	Écosse	767	2,888,000	3,765
	Irlande	827	6 516.000	7,876
France		5.217	35,799,000	6,862
Belgique		294	4,590,000	15,612
Allemagne	Autriche	6,710	39,800.000	5,931
	États confédérés	2,370	17,450,000	7,354
	Prusse	2,790	17,202.000	6,166
Italie	Sardaigne et Piémont	430	4,300,000	10,160
	Principautés et Lombardie	130	1,119,000	8,607
	Toscane	220	1,818,000	8,263
	Naples	450	3 007,000	6,682
	États romains	800	6,843,000	8,548
Hollande		360	3,451,000	9,586
Suisse		292	2,593,000	6,105
Russie		53,500	60,123 000	1,124
Espagne		4,730	15,715,000	2,900
Portugal		930	3,490,000	3,762
Danemark		370	1,045,000	3,412
Suède et Norvége		7,600	4,917,000	647
Turquie		4,870	15.500,000	3,183
Grèce		460	904,000	1 965
Corse et autres îles		1 351	11,150,003	8,257
TOTAL		97,269	276,915 000	

[1] Ces chiffres ne vont que jusqu'au commencement de 1863.

DE L'EUROPE EN 1864

LONGUEUR TOTALE		LONGUEUR par MYRIAMÈTRE CARRÉ.		LONGUEUR par MILLION D'HABITANTS		CAPITAL ENGAGÉ dans LES CHEMINS DE FER	
exploitée	concédée.	exploitée.	concédée.	exploitée	concédée	exploités.	concédés.
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		
10,321	»	10,874	»	000,7	»	8,815,902,000	»
3,180	»	4,140	»	1,060,3	»	1,717,327,000	»
3,617	»	4,375	»	558,5	»	1,953 015,000	»
12 024	20,383	2,304	3,007	335,8	560.4	6,050,288,000	10,258,967,000
2,011	3,001	0,840	12,248	437,2	762,8	514,365,000	921,046,000
5,450	»	0,812	»	130,9	»	1,321,749,000	»
5,582	»	2,044	»	520,8	»	1,247,577,000	»
3,750	»	2,061	»	334,5	»	1,268,410.000	»
908	1 081	2,112	4,007	206,4	450,0		
975	1,021	7,500	12,461	880,4	1,475,6		
410	798	1,804	3,628	227.0	445,3	807,130,000	1,735,250,000
590	»	1,301	»	190,»	»		
308	2,530	0,408	»	58,5	371,0		
440	1,328	1,222	3,162	125,7	370,4	149.325,000	451,851,000
1,506	1,628	4,473	3,088	502,3	620.1	303 790,000	378,602,000
3,526	»	0,065	5,575	58,6	»	705,200,000	»
3,500	5,930	0,750	»	200,4	432,8	1,237 708.000	2,056,612,000
590	»	0,644	1,253	171,1	»	119,800.000	»
057	1,105	1,155	»	315,8	»	131,400,000	250,000,000
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»

Moldo-Valachie. — Le gouvernement moldo-valaque s'occupe sérieusement de la construction des chemins de fer.

Une ligne importante vient d'être concédée par ce gouvernement avec garantie d'intérêt à MM. Salamanca, G. Delahante et Comp. Ce chemin part de la ville de Galatz, sur le Danube, pour se diriger le long de la vallée du Sereth (affluent du Danube), vers la frontière nord-ouest de la Moldavie, où il se relierait aux chemins autrichiens, près de Czernovice, et se souderait à une nouvelle ligne concédée à MM. Brassey et Comp., de Lemberg à Czernovice. Il admet trois embranchements : un premier sur Jassy, un second sur Ocra, et un troisième sur Foxani. Il serait prolongé éventuellement de Jassy vers la vallée du Pruth.

En Valachie, une concession accordée à MM. Usard et Comp., comprend un chemin de fer qui relierait Orsova, sur la frontière autrichienne, à Galatz, en passant par Craiova, Slatina, Bucharest, Ploesti, Buzo et Ibraïla. De ce chemin se détacheraient trois embranchements : de Bucharest à Giurgevo, d'un point de la ligne non déterminé sur Pitesti, par la vallée du Teleorman, et enfin de Buzeo à Ponam.

Les fonds pour ces trois lignes ne sont pas encore faits, mais il est à espérer que, les circonstances financières s'améliorant, ils se trouveront facilement.

Amérique. — Confédération Argentine. — Les renseignements qui suivent, nous ont été fournis par M. J. Lacroze, de Buenos-Ayres, élève de l'École centrale. Ils méritent toute confiance.

Le sol de la Confédération est une vaste plaine et favorise, par conséquent, la création des voies ferrées. Trois chemins de fer sont en voie d'exécution dans ce pays, et un quatrième, en voie d'étude, sera commencé très-prochainement : 1° le chemin du Nord conduisant de Buenos-Ayres au port de San Fernando, très-important par son commerce avec les contrées que baignent la Plata et ses tributaires; il se prolongera plus tard jusqu'à Saint-Nicolas et au Rosario, et reliera ainsi les provinces de l'intérieur à la capitale; son parcours ne sera provisoirement que de 40 kilomètres, sur lesquels 15 seulement en exploitation; 2° le chemin de l'Ouest, de Buenos-Ayres à Chivilcoy (150 kilom.), traversant une contrée des plus peuplées ;

il est exploité en ce moment sur la moitié environ de sa longueur; 3° le chemin du Sud, de Buenos-Ayres à Dolorès, passant par Barracas. Il traverse les contrées les plus riches en troupeaux, etc. Dolorès est un entrepôt important des produits expédiés de Buenos-Ayres vers le Midi. Barracas est un village situé à huit kilomètres seulement de Buenos-Ayres, où se trouvent d'immenses établissements industriels où l'on prépare la viande, les peaux et d'autres produits provenant de l'abatage annuel de 12,000 à 15,000 bœufs et juments. Ce chemin aura de 200 à 250 kilomètres de parcours. Il n'est, pour ce moment, en exploitation que jusqu'à Barracas; le reste est partie en construction, partie à l'étude. Un quatrième chemin, qui sera peut-être le plus important en raison des richesses métalliques (or, argent, cuivre, plomb) et agricoles des contrées intérieures, aujourd'hui isolées, qu'il doit traverser, s'étendra de Rosario à Cordova et se prolongera plus tard au delà jusqu'à Valparaiso. La traversée de la chaîne des Andes paraît pouvoir s'effectuer en cet endroit dans des conditions assez favorables. Il existe déjà une route au moyen de laquelle on va de Buenos-Ayres à la mer Pacifique en vingt jours. Parmi les produits des provinces que desservira ce chemin, il faut signaler encore le sucre, le coton, les laines et les cuirs. Ajoutons qu'il formera aussi une voie stratégique contribuant puissamment au maintien de l'ordre, indispensable au progrès, et servant de barrière aux dévastations des hordes sauvages qui habitent encore une partie de ces contrées. Il aura 400 à 440 kilomètres de parcours. Il est à l'étude, les travaux commenceront très-prochainement.

Le chemin de fer du Nord est construit par une Compagnie anglaise, celui de l'Ouest, par le gouvernement, qui achève l'œuvre commencée par une Compagnie anglaise; celui du Sud, par une Compagnie française; celui de Rosario à Cordova, enfin, a été entrepris par une Compagnie anglaise. Les terrains sont fournis gratuitement par les propriétaires, et le gouvernement garantit un intérêt de 7 pour 100 sur un capital déterminé à l'avance.

Nous trouvons dans le *Moniteur* du 5 novembre 1864 les renseignements suivants sur les chemins de fer en construction ou en projet du même État.

Les travaux du chemin de fer central avancent avec une rapidité

remarquable entre Rosario et Cordova, et le gouvernement vient de décider la construction d'une nouvelle ligne entre la Concordie (province Punte-Rios) et Mercedes (province de Carriculi). Cette voie relierait la navigation du haut et du bas Uruguay, entravée jusqu'ici par des obstacles naturels insurmontables, et donnerait accès au territoire si fertile des Missions.

Deux autres projets gigantesques sont à l'étude. Le concessionnaire du chemin chilien de Valparaiso à San-Yago se serait engagé à lui faire traverser les Andes, pour le relier à la ligne de Buenos-Ayres, déjà exploitée jusqu'à Fernando. La ligne chilienne sera prolongée jusqu'à Talca, s'approchera des Cordillères, et les franchirait au passage du Teno. — Le second projet consisterait à continuer, au nord de Cordova, le grand central d'un côté jusqu'à Salta, pour assurer le transit du commerce de la Bolivie, de l'autre vers Latamara, et de là à Copiapo au Chili, par un des cols les moins élevés des Andes. Les provinces traversées sont riches en produits de toute nature.

Brésil. — La ligne de Pernambucco à Agua-Preta est ouverte dans toute sa longueur (125 kilom.).

On travaille au chemin de Santos à Iundihaï.

On travaille aussi très-activement à la section du chemin don Pedro II, qui, établi au travers la montagne, doit conduire dans la vallée de Parahiba.

Cuba. — Les différentes lignes aujourd'hui terminées, ou en cours d'exécution, dans l'île de Cuba sont au nombre de vingt-sept. La longueur du réseau est de 1316 kilomètres, dont 805 sont en exploitation. La principale ligne, la première construite, celle de la Havane à Guines, ligne qui s'étend aujourd'hui jusqu'à la *Union*, a été commencée en novembre 1835 ; celle de Cadenas à Uracagua en 1838, et celle de Jucar en 1839. Toutes les autres ont été étudiées et commencées depuis 1840.

Inde. — Dans un pays comme l'Inde, d'une grande étendue et encore peu habité, peu civilisé, il ne saurait être question de construire des chemins de fer dans toutes les directions, comme en Angleterre, en Belgique ou en France. On n'a dû s'occuper d'abord, comme en Russie, que de la construction de grandes ar-

tères reliant entre elles les villes de premier ordre et permettant de se transporter rapidement d'une extrémité à l'autre du royaume.

Quelques embranchements d'une petite longueur ont été projetés comme appendices nécessaires aux grandes lignes. Ces embranchements plus tard se prolongeront, vivifieront des localités aujourd'hui encore désertes ou à peu près, et c'est ainsi que ces contrées naîtront petit à petit à la civilisation et rivaliseront peut-être un jour avec les États européens.

Déjà dans le 1er volume de cette 3e édition nous avons tracé le grand réseau dont la conception est due à lord Dalhousie, et que l'on met aujourd'hui à exécution. Rappelons brièvement quels en sont les éléments.

De Calcutta, une grande ligne s'étend vers le nord, desservant Agra, Bénarès, Dehli et aboutissant à Lahore. C'est l'*East-Indian-Railway* qui doit se prolonger jusqu'à Peshavar, près de la frontière de l'Afghanistan.

Sur cette artère vient se souder, près de Allahabad, une autre ligne d'une importance non moins grande qui traverse la presqu'île de l'est à l'ouest dans la partie centrale, et qui se termine au port de Bombay. Elle est connue sous le nom de *Great-India-Peninsular-Railway*.

Au midi, un chemin traverse l'Inde de l'est à l'ouest, du port de Madras à celui de Beypour, il s'appelle *Madras-Railway* ; de cette ligne se détache, près de Madras, une branche d'une grande étendue, qui reliera Madras à Bombay, et une autre branche partant de la station de Salem pour se terminer au port de Négapatam (*South line*).

Au nord de Bombay un chemin qui, partant de cette ville, marche à peu de distance de la côte, conduit à Ahmehabad par Surate et Baroda, il porte le nom de *Bombay and Baroda Railway*. De cette ligne doit s'en détacher une autre qui, après avoir suivi la vallée de la Myhe, passera à Neemuch, se développera dans la vallée de Chumbull et se terminera à la station d'Agra sur l'*East-Indian-Railway*.

Un chemin partant du port de Kurrachee s'étend vers Hyderabad sur l'Indus et se prolongera vers le nord jusqu'à Moultan en suivant la rive gauche de l'Indus. C'est le *Scinde-Railway*.

Moultan et Lahore sont déjà unis par une voie ferrée qui se prolonge jusqu'à Umritsir. Ce chemin est connu sous le nom de *Punjab-Railway*.

Nous devons mentionner encore le chemin de Calcutta à Dacca par Pubna avec embranchement sur Jessore et autre embranchement vers le nord (*Eastern-Bengale-Railway*), le petit chemin de Calcutta, au port de Mutila, l'embranchement de Surrate, station du Baroda-Railway par la vallée de la Taptee, vers les riches districts cotonniers de Candeish et Bérar, et les mines de houille de la Nerbudda, l'embranchement d'Asseirguth, station du *Great-Peninsular-Railway*, à Indore, embranchement qui pourra se prolonger un jour jusqu'à Agra, celui des Nusseerabad sur le même chemin à Nagpoor, l'important embranchement de la station de Rahmajal sur l'*East-Indian-Railway*, vers Dinappore et Remgpoore (*Northern-Bengale-Railway*), l'embranchement de Bengalor se soudant au Madras-Railway, l'embranchement partant de Trichinopolis sur le chemin de Salem à Négapatam, pour aboutir au port de Ramnad.

D'autres embranchements sont à l'étude.

En 1855, avons-nous dit, l'étendue des voies en exploitation n'était que de : . . . . 350 kilom.

En janvier	1860 de.	1200 —
Au 1er janvier	1861.	1350 —
—	1862.	2587 —
—	1863.	3788 —
Au 1er juin	1863.	4084 —

On voit que les travaux du réseau indien ont été, malgré la guerre qui a désolé le pays, poussés avec activité.

Au moment où nous écrivons (déc. 1864), sont livrées à l'exploitation :

La ligne entière de Madras à Beypoore (645 kil.), la ligne de Calcutta à Dehli (1660 ou à peu près), à l'exception de deux ouvrages d'art qui seront prochainement terminés, le chemin de Moultan à Umritsir (408 kil.), le chemin de Calcutta au port de Muttlah (45 kil.). Une portion importante du grand péninsulaire partant de Bombay, et dont la longueur qui est au moins de 700 kilomètres ne nous est pas exactement connue. Le chemin de

Bombay à Ahmehabad (*Baroda-Railway*), long de 499 kilomètres. Toute la partie du Scinde-Railway comprise entre le port Kurrachee et Hydérabad (183 kil.). Toute la ligne de Salem au port de Négapatam, toute la portion du chemin de Bombay à Madras, comprise entre Bombay et Sholapoore (400 kil. environ), une autre section du même chemin partant de la station d'Arcot sur le chemin de Madras à Beypoore aboutissant à Cuddapah longue de 250 kil. environ, et enfin le chemin de Calcutta à Dacca (240 kil.).

On travaille énergiquement à compléter ces différentes lignes; les travaux de la section importante du *Great-Peninsular-Railway* partant de la station de Allehabad sur l'*East-Indian-Railway*, et se terminant à Jubbulpore (350 kil.), ont été confiés à MM. Waring frères et Hunt. Ces travaux, présentant de grandes difficultés, exigeront encore deux années au moins pour être terminés.

Empire de Birmanie. — Les Anglais ont étudié et sont sur le point de construire, dans la vallée de l'Iradoué, un chemin du port de Rangoon à Bamor, frontière de la Chine. S'attribuant la jouissance exclusive de ce chemin, ils s'empareront ainsi de tout le commerce de la Chine occidentale. Plus tard probablement un embranchement conduisant à Dacca le mettra en relation avec le réseau indien.

Cap. — De nouvelles lignes sont en construction au cap de Bonne-Espérance. En 1862 et 1863, on a ouvert des sections sur une longueur de 75 à 80 kilomètres.

Asie-Mineure. — Les travaux du chemin de Smyrne à Aïdin sont poussés avec activité. Un chemin est projeté de Beyrouth à Damas; une compagnie est formée pour l'exécuter.

Perse. — Il n'existe pas encore de voies à vapeur en Perse, mais le *Levant-Herald*, annonce que le gouvernement russe vient de conclure ces arrangements avec celui de la Perse pour la construction d'un réseau de chemin de fer.

Les ingénieurs russes viennent de compléter les études de ces lignes qui sont : de Recht, sur la mer Caspienne à Téhéran directement, puis de Téhéran dans la direction de Bagdad et enfin de Téhéran par le Khoraçan vers Hérat sur les frontières de l'Afghanistan.

Une compagnie russe exploite déjà la navigation à vapeur sur la mer Caspienne entre Recht et Astrakan.

Chine. — Sir Macdonald Stephenson, qui eut le premier la pensée du réseau des chemins de fer indiens, est aussi l'auteur du projet d'un grand réseau de chemin de fer en Chine, projet qui vient d'être livré à la publicité. Ce réseau, comme celui de l'Inde, ne comprendrait d'abord que de grandes artères s'étendant du nord au sud ou de l'est à l'ouest et reliant entre elles les principales villes de l'empire chinois : Pékin, Canton, Shang-haï, etc. Sir Macdonald Stephenson admet que l'on n'exécuterait d'abord que des sections de ce réseau qui, même dans leur isolement, seraient productives. Tels sont les chemins de Pékin à Tsien-tsin, long de 112 kilomètres ; de Shang-haï à Soochow (96 kilomètres) de Canton à Hong-kong (144 kilomètres); de Canton à Pashan (24 kilomètres); et de Canton à Sinan et Samshui (64 kilometres).

Déjà une compagnie composée de 27 des négociants les plus riches de Shang-haï, sollicitent du gouvernement chinois, la concession du chemin de Shang-haï à Soochow. Il n'est pas douteux qu'elle ne l'obtienne, et une fois ce chemin construit, les Chinois pourront apprécier l'utilité des voies ferrées, et en créeront certainement de nouvelles. L'exécution des chemins de fer en Chine aurait lieu dans les circonstances les plus favorables. Ainsi les lignes indiquées ne présentent aucune difficulté importante d'exécution. Elles réunissent des villes peuplées et commerçantes, traversent des pays riches, qui fournissent d'abondants produits et ouvriront des débouchés à de grands bassins houillers.

Les Chinois sont laborieux, ils sont déjà habitués aux travaux industriels, et le prix de la main-d'œuvre, ainsi que celui des matériaux est en Chine très-peu élevé. La journée du maçon, du tailleur de pierres et du charpentier ne se paye que 1 fr. 90 centimes, et si on les emploie au mois on ne leur donne que 27 fr. 50 centimes pour le mois.

Nul doute, par conséquent, que d'ici à vingt ou trente ans la Chine ne jouisse aussi du bienfait des chemins de fer.

DU TRACÉ.

Généralités. — On s'est attaché, dans le tracé de toutes nos grandes lignes, à réduire le taux des pentes à cinq millimètres, et à adopter des courbes de 800 à 1000 mètres de rayon. Si, sur des portions relativement courtes du trajet, la pente s'est élevée à 8 ou 10 millimètres, ce n'est que dans les contrées accidentées, où la dépense pour rester au-dessous de cette limite, eût été excessive, et si on a admis des courbes de 4 ou 500 mètres de rayon, ce n'est que dans les parties du parcours telles que la traversée des gares de 1re classe où la vitesse devait être réduite. Les hommes qui n'ont étudié la question des chemins de fer que superficiellement croient que si, aujourd'hui que l'on a amélioré les locomotives, nos grandes artères n'étaient pas encore commencées on les construirait différemment et que l'on adopterait avec avantage une plus grande inclinaison et diminuerait le rayon des courbes. C'est là une erreur grave. L'emploi de machines plus puissantes, plus légères et plus flexibles permet d'aborder avec moins de dépense l'exploitation des fortes rampes combinées avec des lignes sinueuses; mais il ne saurait enlever aux chemins à pentes faibles et courbes de grand rayon leur supériorité au point de vue de la traction.

Quelque perfectionnement que l'on apporte aux machines, on n'exercera aucune influence sur l'accroissement de résistance qui provient de l'accroissement de la pente.

Quant au surcroît de dépense qu'occasionne l'amélioration du tracé, il sera d'autant moins sensible que le trafic sera plus actif, et si on le calcule pour l'unité de transport, la tonne transportée à un kilomètre, il s'effacera devant l'économie opérée sur la traction.

L'exploitation des lignes à grande circulation, sur des pentes fortes ou dans des courbes trop prononcées, se ferait d'ailleurs dans de mauvaises conditions.

Sur ces lignes, en effet, les trains de voyageurs doivent, pour répondre aux exigences du public, marcher à de grandes vitesses, et le transport des marchandises doit, pour que le chemin puisse lutter avec la voie navigable, s'opérer très-économiquement. Or, sur des lignes à fortes rampes et à courbes de petit rayon, la solution du problème offrirait de grandes difficultés.

Les machines à voyageurs sur des pentes roides ne pourraient atteindre de grandes vitesses qu'en traînant de petits convois. Il faudrait donc, pour satisfaire le public, multiplier les convois. Dans les courbes de petit rayon, elles seraient exposées à dérailler. Quant aux machines à marchandises, elles ne pourraient travailler économiquement en remorquant des charges considérables qu'autant qu'elles marcheraient à très-petites vitesses. Or, si l'on augmentait le nombre des convois de voyageurs et que l'on diminuât la vitesse de ces convois, il en résulterait inévitablement un encombrement sur les voies.

Prenons, par exemple, le chemin du Nord de la France, tracé avec des pentes faibles et des courbes de grand rayon. Malgré la faiblesse des pentes, la charge des convois express est telle que la puissance des machines qui les remorquent est devenue insuffisante, et que l'on se voit obligé de chercher des moyens d'augmenter l'adhérence. Pour le transport des marchandises, une difficulté semblable se présentait. La concurrence de la voie navigable, obligeant la Compagnie à ne négliger aucun moyen de réduire les frais de traction, afin de pouvoir réduire son tarif, la puissance des machines dut être également augmentée, et aujourd'hui machines à voyageurs et machines à marchandises paraissent encore trop faibles. Que serait-ce si la pente était plus forte!

Il en est de même sur les grandes lignes en Angleterre. Ce n'est pas que dans ce pays, où les canaux sont à petite section, on ait à se préoccuper autant qu'en France de diminuer les frais de traction pour les marchandises; mais le public y est plus exigeant encore qu'en France pour la vitesse, et on se trouve conduit, pour le satisfaire sans augmenter le nombre des trains outre mesure, à surcharger les roues motrices à l'excès et à écraser la voie. Avec des pentes plus fortes l'embarras croîtrait.

Ayant ainsi établi que pour les chemins à grand trafic, on a eu raison de faire des sacrifices considérables dans le but d'y rendre la traction plus facile, disons que l'on aurait tort de procéder de la même manière pour les lignes à petite circulation. Dans ce dernier cas, au contraire, l'intérêt du capital, ne se répartissant que sur un tonnage faible, affecte sensiblement le prix du transport, et on doit s'attacher à réduire ce capital, dût-on pour cela admettre de fortes rampes et des courbes de petit rayon. Ce n'est là, du reste, que l'application d'un principe que nous avons posé dès la première édition du *Traité élémentaire* et qu'on ne saurait trop rappeler. Le gouvernement l'a très-bien compris en modifiant son cahier de charges pour la construction des lignes du troisième réseau (voir les anciens et nouveaux cahiers de charges aux Documents). Et ce n'est pas seulement sur le tracé du chemin que doivent porter les économies, c'est encore sur l'établissement des stations, des barrières, des clôtures, etc.

L'étude des tracés adoptés pour les chemins construits le plus récemment, et sur le point d'être construits, prouvera que les ingénieurs de ces chemins partagent notre opinion.

Chemins avec pente maxima de 10 millimètres.

Chemin de Paris à Cherbourg. — Ce chemin a un tronc commun avec celui de Paris à Saint-Germain. Les pentes, à partir de ce point, en sont très-variées. Elles commencent à zéro et passent par toutes les cotes intermédiaires pour arriver à 10 millimètres.

Nous remarquons que celles de 8 à 9 millimètres occupent une très-grande partie du chemin. Elles n'ont pas été groupées comme sur d'autres lignes (chemin de Paris à Strasbourg), sur un petit parcours, puisqu'elles se répartissent sur une étendue de 61,180 mètres.

Le rayon des courbes sur ce chemin varie entre 500, 800 et 11,500 mètres.

On trouve sur cette ligne plusieurs ponts en fonte fort remarquables. Le premier, à Besons sur la Seine, est formé de dix arches ; le second, à Maisons-sur-Seine, en compte 5. Puis un autre,

composé de trois arches seulement, sur la rivière Vaucouleurs. A quelques kilomètres plus loin on trouve le souterrain de Breval, long de 782 mètres en rampe de 9 millimètres; puis, à Gilles, un viaduc de cinq arches, à Mucy, un pont de 3 arches; à Orgeville, un tunnel de 285 mètres qu'on passe en rampe de 9 millimètres. A Evreux, deux petits viaducs sur la route impériale de Paris à Cherbourg. Puis un tunnel de 188 mètres, en pente de 6,2 millimètres. Sur la rivière le Roulver sont construits deux viaducs de 4 arches chacun.

Un viaduc à 5 arches, sur la même rivière, donne accès au tunnel de Conches. Un peu plus loin, sur le territoire de Bargent, on passe la rivière Risle, à l'aide d'un viaduc de 7 arches; à Bernay, le chemin entre en souterrain après avoir passé la route départementale et la rivière la Charentonne. Le viaduc de Bernay a 540 mètres de longueur et est en rampe de 6 millimètres. Près de la station de Lisieux, on passe la Tompas sur un viaduc de 8 arches. Puis, après avoir gravi une rampe de 6,426 mètres, on aborde le souterrain de la Motte, d'une longueur de 2,528 mètres, dont une partie en rampe de 10 millimètres; deux autres en sens contraire ayant 2 millimètres seulement d'inclinaison. C'est le dernier travail un peu considérable avant d'arriver à Cherbourg.

Ligne de Paris à Rennes. — Cette ligne a absorbé dans son parcours la ligne de Versailles (rive gauche) que nous avons décrite dans le 1er volume de cet ouvrage; nous ne parlerons donc pas de cette section, et nous ne décrirons que le tracé de Versailles à Rennes.

La longueur totale de ce chemin est de 273 kilomètres 230 mètres.

Les pentes, quoique très-variées, n'y sont pas très-fortes, puisque la plus considérable ne va pas au delà de 8 millimètres, elles commencent à $0^{mm},10$ et arrivent à 8 millimètres en franchissant tous les faîtes à l'aide de rampes de 2, 3, 4, 5, 6 et 7 millimètres. Le rayon des courbes y varie de 700 à 6,000 mètres. Le cube des terrassements est faible, et on n'y trouve aucun ouvrage d'art important.

Chemin de Rennes à Brest. — Section de Rennes à Guingamp. —

Sur ce chemin, d'une longueur de 151^k,515, les pentes varient entre 1 et 10 millimètres. Celles de 8, 9 et 10 millimètres sont assez longues et se répartissent ainsi : 22,488 mètres en pentes ou en rampes de 8 millimètres, dont la plus grande fraction a 2,800 mètres de longueur ; 3,300 mètres ayant 8,5 millimètres ; 2,152 mètres en rampe de 9 millimètres, et 31,650 mètres atteignant 10 millimètres. La plus longue des parties de cette dernière inclinaison a 4,500 mètres de longueur.

Les courbes sur ce chemin sont très-nombreuses, mais elles n'ont jamais moins de 800 mètres de rayon.

Sur ce chemin, le mouvement des terrains a été très-considérable. On y rencontre un grand nombre d'ouvrages d'art peu importants.

Nous signalerons toutefois le viaduc de Couedic, composé de sept arches ayant 15 mètres d'ouverture, et dont la plus grande hauteur est de 58 mètres, ainsi que le viaduc du Gouet, qui a 12 arches de même ouverture.

Ligne du Mans à Angers. — La section du Mans à Sablé a 48,873 mètres de longueur. Les pentes commencent à 1 millimètre et s'élèvent à 6 millièmes. Il n'y en a pas de supérieures. Le rayon minimum des courbes est de 800 mètres.

Le cube des terrassements s'y élève à 1,532,786 mètres cubes de remblai, et 1,531,264 mètres cubes de déblai. Les ouvrages d'art n'y présentent rien de bien remarquable.

De Sablé à Angers la longueur de la ligne est de 46,542 mètres. Elle commence à une distance de 260 kil. de Paris, sur la commune de Sablé. On ne trouve sur cette ligne aucune pente excédant 6 millimètres. La plus faible est de 1 millimètre, puis de 2, 3, 4 et 5 millimètres.

Les courbes sur ce chemin sont peu nombreuses et généralement de grand rayon ; aucune n'a moins de 1,000 mètres de rayon.

Comme sur la première section de ce chemin, le mouvement des terres a été assez considérable. Il s'élève pour les remblais au chiffre de 1,423,330 mètres cubes, et pour les tranchées à celui de 1,227,507 mètres cubes.

Le remblai le plus élevé est celui du Loir, il cube 549,956 mè-

tres. La tranchée qui a fourni le plus de déblai est celle de Briollay, dont le volume s'est élevé au chiffre de 339,528 mètres cubes.

On trouve dans cette partie de la ligne un viaduc en maçonnerie construit sur la Sarthe, et qui est composé de cinq arches qui ont chacune 19^m,61 d'ouverture, puis, sur le Loir, un pont composé de 3 arches de 40 mètres d'ouverture; enfin, sur le ruisseau de la Planche ou de l'Epervier, un viaduc de 5 arches de 10 mètres.

Ligne de Paris à Granville. — De Saint-Cyr à Surdon et à Dreux. — Ce chemin a une longueur de 59,607 mètres; les pentes y sont généralement modérées, comme sur tout le réseau de l'Ouest. La plus faible n'a que 1 millimètre et la plus forte s'arrête à 10 millièmes.

Ligne de Rennes à Saint-Malo. — Ce chemin est un chemin à pentes faibles. Dans toute la longueur de son parcours on ne rencontre aucune rampe excédant 0^m,0065; celles-ci ont une longueur cumulée de 23 kilomètres. Les autres pentes varient de 0^m à 0^m,0062.

Les courbes les plus roides ont 800 mètres de rayon; les plus grandes ont 4,000 mètres.

La longueur du chemin est de 86 kilomètres environ.

Ligne de Pont-l'Évêque à Honfleur. — Ce chemin, la seconde partie de la ligne de Lisieux à Honfleur, a 25 kilomètres 559 mètres de longueur.

Les pentes y sont assez faibles. Sur 3,000 mètres environ, divisés en quatre parties, on n'a qu'une inclinaison de 1^{mm},5, puis 2^{mm},7 sur 1,600 mètres, 6^{mm} sur 800 mètres, 6^{mm},5 sur 6,976 mètres, 8^{mm} sur 7,500 mètres, 9^{mm} sur 2,577 mètres, et enfin 10^{mm} sur 2,700 mètres.

Le rayon des courbes ne descend pas au-dessous de 700 mètres.

Les terrassements sur cette ligne ont été assez importants.

Ligne de Serquigny à Rouen. — Cette ligne a 57,209 mètres de longueur. Le profil en est très-varié, quoique peu accidenté. La plus faible pente est de 3 millimètres, la plus forte de 10 millimètres. Les courbes y sont nombreuses, mais n'ont pas au-dessous de 500 mètres de rayon.

Chemin de Rennes à Redon. — Ce chemin, dont les pentes sont faibles, a une longueur totale de 70 kilomètres.

On voit, en étudiant le tracé de ce chemin, que les diverses inflexions du profil varient entre 5 dixièmes de millimètre et 6 millimètres seulement. Le rayon des courbes ne descend pas au-dessous de 600 mètres et atteint même 2,000 mètres.

Ligne de Pont-l'Évêque à Trouville. — Cette ligne, d'une longueur de 11 kilomètres 560 mètres, est en courbe sur près de la moitié de son parcours. Elle n'offre que quatre alignements faisant ensemble une longueur de 6,740 mètres; le plus long a 5,000 mètres, le plus petit 150. Le rayon des courbes est de 600, 1,500, 2,500, 3,000, 3,300 et 4,000 mètres. Les pentes et rampes les plus faibles sont de $0^{mm},1$ de millimètre, les plus élevées ont 8 millimètres sur 160 mètres seulement. La longueur des paliers est de 2,500 mètres.

Chemins à pente maxima de 10 et 20 millimètres

Épinal à Port-d'Atelier. — Cette ligne se divise en deux tronçons. Celui d'Épinal à Aillevillers d'une longueur de 43 kilomètres environ, et celui d'Aillevillers à Port-d'Atelier, mesurant à peu près 30 kilomètres.

Les pentes sur ce chemin sont généralement faibles, elles commencent à $0^{mm},586$ et passent à $7^{mm},6$ pendant 60 kilomètres environ. On trouve une partie en pente de $9^{mm},36$ ayant 4,000 mètres de longueur, deux de 10 millimètres de 3,105 et 1,950 mètres, enfin une $10^{mm},5$ ayant 3,000 mètres.

Le rayon des courbes ne descend pas au-dessous de 400 mètres, puis atteint bientôt 1,000, 1,300 et 2,000 mètres.

Les ouvrages d'art sur ce chemin ne sont ni très-nombreux, ni très-remarquables. On y trouve un pont composé de trois arches de 11 mètres; un de deux arches de 19 mètres; un autre de neuf arches de 12 mètres et d'une hauteur de 35 mètres; un autre de même longueur et de même ouverture n'ayant que 25 mètres de hauteur; deux de 60 mètres de longueur ayant cinq et six arches; enfin un de 84.

Ligne de Moulins à Montluçon. — La ligne de Moulins à Montluçon offre dans tout son parcours un profil très-accidenté. Sa longueur totale est de 80 kilomètres 876 mètres. Entre Moulins et Souvigny on rencontre une série de pentes et de rampes de très-faible longueur, ne s'élevant pas au-dessus de $0^{m},0125$ et descendant à 2 millièmes. De Souvigny à Tronget par Noyant le profil reste constamment accidenté et presque toujours en rampe de 15 millimètres coupée par de très-courts paliers ou par de petites rampes variant de 3 à 11 millimètres. De Tronget on s'élève pendant encore quelques kilomètres en rampe de 15 millimètres pour redescendre sur Chevenon et Villefranche, d'où la pente continue encore pendant quelques instants pour remonter ensuite sur la Presle et Commentry. Entre Tronget et Villefranche, c'est-à-dire sur une longueur de 20 kilomètres environ, on ne remonte que des rampes de 6 à 15 millièmes; ces dernières sont les plus nombreuses. De Villefranche à Commentry le chemin redevient ascensionnel en conservant la même physionomie que dans la partie précédente. Là encore les rampes varient entre 3 et 15 millièmes. Enfin de Commentry à Montluçon, en passant par Ferrières, le chemin redescend rapidement avec une inclinaison de 15 millièmes sur presque tout son parcours.

Le rayon des courbes sur ce chemin ne descend pas au-dessous de 300 mètres et ne s'élève pas au delà de 1,000 mètres.

Chemin de Périgueux à Capdenac. — Ce chemin, d'une longueur de 168 kilomètres, offre un profil très-varié.

En quittant Périgueux, le chemin s'élève jusqu'au delà de Milhau à l'aide de rampes et de pentes dont l'inclinaison varie de 2 à 8 millimètres, puis redescend vers Coudat. Les pentes, dans cette partie du chemin, sont de 5 à 11 millièmes.

De Coudat à Larches, c'est-à-dire sur une longueur de 15 kilomètres, la rampe est de 5 millièmes.

De Larches jusqu'à mi-chemin de Brives à Tonneins, sur 16 kilomètres environ, l'inclinaison du chemin atteint $12^{mm},5$ en passant par des rampes de 2, 4, 7, 8, 9 et 10 millimètres. On redescend alors jusqu'à Saint-Denis, d'abord sur une pente de $12^{mm},5$, puis par une série de petites pentes comprises entre 1 et 6 millimè-

tres. De Saint-Denis à Assies, point culminant de la ligne, le chemin s'élève par une suite de rampes de 12^{mm},5 jusqu'à Rocamandour pour, de ce point, atteindre Assies à l'aide de rampes successives de 3, 5, 7 et 8 millimètres.

D'Assies à Capdenac, le chemin descend jusqu'au palier de Pouznet à raison de 10 millimètres par mètre. Là, la pente augmente rapidement pendant 8 kilomètres environ et atteint 16 millimètres. Cette pente traverse deux tunnels, celui de Cambes, de 600 mètres de longueur, et celui de Camboulet, de 410 mètres, et aborde deux courbes en sens contraire de 500 mètres de rayon. On remonte alors vers Fogiac à l'aide de rampes de 2, 3, 6, 9 et 12 millièmes pour redescendre sur Capdenac pendant 3 kilomètres environ sur une pente de 12 millièmes.

Chemin de Capdenac à Rodez. — De Capdenac à Viviez le chemin reste presque totalement horizontal, puis la voie s'élève pendant 14 kilomètres environ, à une très-grande hauteur, par une rampe presque continue de 16 millimètres, interrompue en quelques points seulement par de très-courts paliers ou des rampes de 15 millimètres. Aux Auzets, premier faîte franchi, le chemin redescend jusqu'au delà de Saint-Christophe et suivant une pente de 5 à 6 millièmes par mètre, puis remonte rapidement sur Salles-la-Source en passant par Marulhac et Nuces. Sur presque tout ce parcours, long d'environ 20 kilomètres, on ne remonte pas de rampes de moins de 8 millimètres Les plus fortes sont de 16 millimètres. De Salles-la-Source à Rodez le chemin remonte pendant 2 kilomètres environ en rampe de 10 millièmes, puis redescend en pente de 9 jusqu'à Rodez.

Les courbes ne descendent pas au-dessous de 300 mètres et ne vont pas à plus de 2,000 mètres de rayon.

La longueur totale du chemin est de 59 kilomètres.

Chemins écossais. — On a établi, dans ces dernières années, en Écosse, un certain nombre de chemins économiquement pour un très-faible trafic; les conditions de tracé sont les suivantes.

On trouve sur quelques-uns de ces petits chemins des pentes fréquentes de 16 à 20 millimètres, le plus grand nombre est cependant de 10 à 15 millimètres. La plus forte qu'on nous ait citée (sur

le chemin d'Édimbourg à Peebles) est de 18 à 19 millimètres sur 4,827 de long, sans aucun palier ou partie de moindre inclinaison[1].

On ne trouve sur ces chemins écossais aucun tunnel et peu de travaux importants.

Le rayon des courbes en pleine ligne ne descend ordinairement pas au-dessous de 250 mètres, mais dans les stations il se réduit parfois à 100 mètres (chemin de Leven) et même à 80 mètres (chemin de Banff).

Les constructeurs écossais estiment qu'on pourrait descendre à 180 mètres de rayon sur la ligne comme on l'a fait dans le Durham (Angleterre), à condition d'employer des machines américaines à avant-train articulé.

Chemin de Bilbao à Tudela. — Comme profil, le chemin de Bilbao à Tudela n'est pas accidenté. Les rampes et les pentes n'y sont pas très-considérables. De Bilbao à Gujuli, on ne remonte qu'une suite de rampes dont la plus faible n'a que $0^m,0015$ d'inclinaison, et la plus forte $0^m,0143$ sur 17 kilomètres. — De Gujuli, point culminant du tracé, le chemin descend sans interruption jusqu'à son raccordement avec la ligne de Saragosse à Pampelune. Les pentes, sur cette partie du chemin, sont nombreuses, et comprises entre $0^m,00018315$ et $0^m,010$.

Le plan du chemin offre, au contraire, quelques particularités remarquables; ainsi, de Bilbao à Deleca, c'est-à-dire à une distance de 45 kilomètres de la tête de la ligne, ce chemin ne présente qu'une suite continue de courbes et de contre-courbes. A Deleca, le chemin contourne cette localité, revient sur ses pas dans la direction de Bilbao, pendant 8 kilomètres environ, et vient repasser à une très-petite distance de la ligne déjà parcourue, à 100 mètres plus haut à peu près. Nous ne connaissons aucun autre

[1] On ne parle ici que des pentes sur la ligne même; mais quand la différence de hauteur des points extrêmes conduit à de trop fortes rampes sur certaines parties de la ligne, ou bien encore dans l'intention de diminuer le développement du chemin près d'une ville située à l'extrémité, ou enfin de réduire les frais de terrassement, on a terminé certains chemins par 1 ou 2 kilomètres à 33 millimètres de rampe (chemin de Banff à Portsoy). C'est quelque chose de semblable à ce que l'on voit à Folkestone, du port, à l'aide d'une machine de renfort, on monte les éléments des trains jusqu'à la ligne, où on les compose.

exemple d'une portion de chemin placée dans de pareilles conditions.

De Lacumana le train reprend son allure tourmentée jusqu'à Miranda de Ebro, où il s'infléchit brusquement en formant un angle presque droit et en côtoyant toujours l'Ebre jusqu'à Logrono. Là, les courbes deviennent plus rares; et depuis Calahorra jusqu'à son raccordement, le chemin est presque en ligne droite.

Chemin de Rome à Naples. — Ce chemin présente deux faîtes assez considérables à franchir : le premier, entre Rome et Velletri, le second, commençant à la station di Rocca d'Evandro jusqu'à celle de Presenzano.

De Rome à Velletri, c'est une suite successive de rampes, variant de 2 à 15 millimètres. De Velletri à Valmonte, point où l'on commence à redescendre, les pentes sont de 2, 4, 5, 8, 10 millimètres, excepté sur une longueur de 600 mètres, où l'inclinaison atteint 20 millimètres.

De Valmonte à Ceprano, le chemin est constamment en pente; on n'en trouve pas de plus faible que 2 millimètres, et elles ne s'élèvent pas au-dessus de 10 millimètres.

De Ceprano à la station di Rocca d'Evandro, le chemin monte un instant pour bientôt redescendre.

Les pentes y sont généralement les mêmes que dans la section précédente.

De la station di Rocca d'Evandro on monte vers Mignano à l'aide de rampes successives de 13,5-12 et 13,5 millimètres, d'où l'on continue à s'élever pendant cinq kilomètres encore, avec des inclinaisons de 13,5-15-17 et 16 millimètres. Arrivé à ce sommet, on commence à redescendre sur 12, 8 et 12 de pente d'abord, puis à l'aide de pentes de 1 à 8 millimètres, jusqu'à la station de Naples.

Ce chemin a une longueur de 261 kilomètres.

Chemin de fer du Nord de l'Espagne. — Le chemin de fer du Nord de l'Espagne est un des plus curieux établis récemment. Nous extrayons ce qui suit d'un mémoire descriptif de ce chemin, rédigé par M. Brüll, ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique. Nous aurions pu en retrancher certains détails étrangers à la question

technique, mais ils nous ont paru d'un intérêt général tel que nous n'avons pas voulu en priver le lecteur.

Le voyage de Paris à Madrid par le chemin de fer sera certainement l'objet d'une promenade que tout le monde voudra faire ; la description de M. Brüll en doublera l agrément et l'utilité.

Nous appelons plus particulièrement l'attention des ingénieurs sur les détails intéressants dans lesquels l'auteur est entré, concernant les travaux exécutés à la lumière électrique et sur l'emploi de la poudre à grande charge pour l'exploitation des rochers.

La compagnie du Midi a ouvert à l'exploitation, en mai 1864, les trente-cinq kilomètres qui séparent Bayonne de la frontière espagnole ; ce chemin, qui dessert Biarritz, Saint-Jean-de-Luz et Hendaye, suit les bords riants du golfe de Gascogne. Hendaye est la dernière station française ; la première station du chemin espagnol est Irun, qui n'est distant d'Hendaye que de deux kilomètres environ : c'est dans ces deux stations que sont installés les postes de douane des deux pays.

On sait que la voie des chemins de fer espagnols est plus large que la voie française, les rails ont $1^m,736$ d'axe en axe, au lieu de $1^m,502$. Des raisons politiques auraient, dit-on, engagé le gouvernement espagnol à adopter une cote différente de la nôtre. Il paraît difficile de trouver aucun motif raisonnable qui légitime cette différence. Le matériel roulant ne peut passer d'un chemin sur l'autre, et il viendra un jour où cette impossibilité sera un empêchement sérieux au développement des transports internationaux.

Déjà même la question aurait été agitée, et diverses propositions ont été faites, telles que la pose d'un troisième rail, la fabrication d'essieux spéciaux, la construction de wagons à caisse amovible, qui permettraient d'échapper, dans certains cas, à cette difficulté.

Déjà des véhicules destinés à divers chemins de fer d'Espagne ont pu être transportés roulants sur les voies françaises.

Entre Hendaye et Irun, on a posé une voie française et une voie espagnole, de sorte que les trains français vont jusqu'à Irun, et les trains venant d'Espagne arrivent à Hendaye.

La ligne traverse la Bidassoa, qui marque à cet endroit la fron-

tière des deux pays, un peu en amont de Fontarabie, et très-près de l'île fameuse des Faisans, très-petit îlot à peine émergent, dont les bords sont sans cesse rongés par le courant. Le pont de la Bidassoa est un pont en pierres à cinq arches, à l'aspect monumental et décoré de sculptures représentant les armes des deux nations. Des niches ont été ménagées dans la construction des culées, pour recevoir un chargement de poudre suffisant pour détruire le pont.

Le chemin de fer du Nord de l'Espagne réunit Irun à Madrid, en passant par Saint-Sébastien, Victoria, Burgos, Valladolid et l'Escurial.

Cette ligne a.	638	kilom. de long.
Un embranchement de.	91	—
partant de Venta de Baños, se dirige sur Alar del Rey; il est continué par le chemin de fer d'Isabelle II, qui va d'Alar au port de Santander. La longueur totale du chemin du Nord de l'Espagne est ainsi de.	— 729	—

La région traversée par la ligne principale est divisée en quatre bassins : le bassin du golfe de Gascogne, le bassin de l'Èbre, celui du Duero et celui du Tage.

La ligne se développe dans le bassin du golfe de Gascogne, jusqu'au sommet des Pyrénées. Elle traverse d'abord le Guipuzcoa, riche province, fertile et industrielle.

Parmi les plus beaux points de vue qui se présentent sur la côte, le plus splendide est sans contredit la baie de Passages, que le rail côtoie sur toute la longueur. Passages est un port de premier ordre, spacieux, abrité, communiquant avec la pleine mer par un goulet défendu contre tous les vents : il peut présenter à toute une flotte un refuge d'une sécurité exceptionnelle. Il est peu fréquenté aujourd'hui, mais ces rails qui longent la côte pourraient bien hâter l'accomplissement de projets depuis longtemps entretenus, et le voyageur qui passera là dans une dizaine d'années y verra peut-être des navires accostés à l'embarcadère du chemin de fer, apportant pour l'intérieur les marchandises de tous les pays, pour charger en échange les blés, les vins, les laines, les marbres et les minerais que les contrées voisines produisent en abondance.

Saint-Sébastien est à une vingtaine de kilomètres d'Irun. C'est une ville d'environ 8,000 âmes, bâtie dans la position la plus pittoresque, sur une presqu'île, à l'embouchure de l'Urumea. Le port, bien abrité entre deux môles, est étroit et peu profond. Malgré ces conditions, le total de son trafic annuel dépasse 20 millions de francs.

C'est une ville assez nouvellement rebâtie, aux rues régulières, à l'aspect animé. La plage est très-fréquentée par les baigneurs; c'est un rendez-vous de plaisance pour les Espagnols du Nord et pour les Français du Midi.

En sortant de Saint-Sébastien, le tracé s'éloigne de la côte et commence à s'élever doucement. Hernani, Tolosa et Villafranca présentent de nombreux établissements métallurgiques Ce sont ces anciennes forges aux méthodes primitives qui livrent des fers de qualité si estimée On y fabrique aussi des armes à feu, des pointes, des tissus de coton, du papier, des cordes, des toiles, du ciment, des allumettes en cire

Beasain, à 60 kil. d'Irun, point de départ de la traversée des Pyrénées, est à la cote de 156 mètres. Le chemin, qui est à peu près au niveau de la mer, à Irun et à Saint-Sébastien, n'y parvient qu'en traversant neuf fois en souterrain, sur une longueur totale de 3,926 mètres, les contre-forts dont les brusques sinuosités accidentent les vallées de la Bidassoa, de l'Urumea et de l'Oria.

Les ponts sont aussi très-nombreux sur cette partie de la ligne; l'Oria est en particulier tellement sinueuse, qu'il faut à tout instant la traverser sous tous les angles pour éviter un développement exagéré.

Tous ces ponts sont à tablier en tôle, ils ont été construits et mis en place par la maison Ernest Gouin et Cie. Ils ont en général un aspect de légèreté qui plaît à l'œil, et leur hardiesse vaut bien la sévérité monumentale des ponts en maçonnerie.

La traversée proprement dite des Pyrénées est la section comprise entre Beasain, dont la hauteur au-dessus du niveau de la mer est de. 156^m^
et Olazagutia ou Alsasua, situé au pied du versant sud à la cote. 526

Le col le plus propice qu'on ait pu trouver pour franchir le faîte est le col d'Otzaurte, situé à la cote. 614

C'est d'ailleurs le point où la route de Beasain à Alsasua traverse la ligne de faîte des Pyrénées.

La distance en ligne droite de Beasain à Otzaurte est d'environ 19 kilomètres.

Les travaux de la traversée des Pyrénées ont été exécutés par la maison E. Gouin et Cie.

Les conditions d'exécution imposées à la Compagnie par l'acte de concession donnent pour limites les rampes de 15 millièmes et les courbes de 500 mètres de rayon. Il suffit de parcourir la montagne pour préjuger que ces limites, surtout celles des inclinaisons, sont bien étroites, et doivent nécessairement conduire à un grand développement, à des travaux difficiles et coûteux.

Bien qu'on soit souvent porté à supposer qu'une chaîne de montagnes élevée soit d'un âge géologique fort ancien, on ne rencontre dans la traversée des Pyrénées que des terrains assez récents. C'est en effet le terrain crétacé qui en forme la plus grande partie, le jurassique n'apparaît que par places en crêtes qui passent à travers le terrain crétacé; ces crêtes sont d'une matière plus solide et plus résistante.

La roche est métamorphique et se dessine en arêtes, en anfractuosités, en déchirures; aussi le paysage est-il dans ces parties plus ardu et plus sauvage, le sol est nu et inculte.

Le terrain crétacé est plus tendre; les grès et surtout les schistes qui le composent se désagrégent à l'air, les contours extérieurs sont arrondis : il porte une couche de terre plus ou moins épaisse recouverte de végétation. La plus grande partie des tunnels et des tranchées de la section est percée dans le terrain crétacé dont la dureté n'est pas très-grande. Ce n'est qu'en quelques points isolés, comme dans les sommités ardues de Cegama, qu'on a rencontré le terrain jurassique.

Le terrain est généralement très-bouleversé; les tranchées ne montrent pas des couches régulièrement stratifiées, mais bien des plissements d'une grande hauteur, sur une largeur de quelques mètres seulement, de sorte que le pendage change de sens à chaque pas.

Le terrain crétacé présente des marnes assez tendres, des grès

arénacés blanc jaunâtre, des schistes argileux et micacés noirs. La couche supérieure, qui est une marne assez tendre, se montre surtout entre Olazagutia et Victoria.

La seconde couche fournit de bonnes pierres à bâtir et renferme aussi des schistes argileux qui se fendillent lentement et ne peuvent être utilisés pour les constructions. Ces schistes sont en couches feuilletées, et la tendance à la séparation et au glissement est assez grande pour qu'on soit obligé, dans les tranchées, de donner à celui des deux talus qui est dans le sens du pendage une inclinaison justement égale à celle des couches.

Plusieurs tunnels ont justement leur axe à peu près parallèle à la direction de ces couches ; de sorte que le revêtement doit résister sur une grande longueur à la tendance au glissement.

Bien que toutes ces couches renferment de l'eau en quantité assez abondante, il n'y aurait dans cette allure générale des terrains aucune source de difficultés bien sérieuses pour les travaux que nécessite la construction du chemin de fer ; mais on trouve en beaucoup d'endroits du passage des dépôts récents provenant de l'éboulement des terres superficielles et des parties les plus tendres et les plus décomposables des couches crayeuses.

Ces éboulis, qui forment dans le fond des vallées des amas considérables, renfermant des argiles, des marnes argileuses et des blocs de pierres perdus, sont imbibés par les eaux que dégagent assez abondamment le terrain jurassique et les schistes du terrain crétacé.

Telles étaient à peu près les difficultés provenant soit du programme imposé au tracé, soit de la nature des terrains, contre lesquelles on avait à lutter dans la traversée des Pyrénées.

Le tracé s'étend d'abord à partir de Beasain en rampe de 15 millièmes sur le côté droit de la vallée supérieure de l'Oria et se dirige vers Zumarraga.

Un viaduc à tablier métallique, à cinq travées de 280 mètres de longueur, supporte la voie à 31 mètres de hauteur à Ormaiztegui, et neufs tunnels successifs, dont les longueurs varient de 70 à 700 mètres, présentent sur les 12 kilomètres de cette section un développement total de 1,850 mètres, soit 16 p. 100.

Le dernier de ces tunnels, celui de Zumarraga, de 700 mètres de longueur, traverse le contre-fort qui sépare le bassin de l'Oria de celui de l'Urola. Le chemin remonte ce torrent sur une longueur de 10 kilomètres, et parvient à Brincola sans difficultés particulières.

Les 12 kilomètres qui séparent ce point du faîte d'Otzaurte sont, au contraire, la partie la plus difficile de la traversée. On y compte 14 tunnels présentant ensemble un développement de 7,600 mètres, soit 63,5 p. 100 de la longueur du parcours.

Le tunnel d'Oazurza a 2,953 mètres. C'est le plus long de toute la ligne. Cet ouvrage important a été attaqué par les deux têtes et par neuf puits, dont les deux au milieu ont 225 mètres et 239 mètres de profondeur. Sans cette grande élévation du sol naturel au-dessus du souterrain à percer, on aurait pu multiplier les points d'attaque.

Le tunnel est rectiligne et présente une pente continue de 10 millimètres par mètre.

Le tunnel de 1158 mètres qui traverse le faîte d'Otzaurte a été attaqué par les deux têtes et par quatre puits.

Cette section présente encore plusieurs tranchées d'un cube considérable, et des remblais qui ont par place jusqu'à 20, 25 et même 27 mètres de hauteur. Plusieurs de ces travaux traversent ces terrains éboulés dont nous avons indiqué la nature. Dès qu'on trouble l'équilibre de ces amas instables, soit en y ouvrant une tranchée, soit en les chargeant d'un remblai, ils entrent en mouvement ; les couches glaiseuses imprégnées d'eau offrent des plans de glissement plus ou moins inclinés, le long desquels la masse tout entière descend, soit lentement, soit même tout à coup, détruisant ainsi en peu de temps le produit du patient travail de plusieurs centaines d'ouvriers.

D'importants travaux d'assainissement ont dû être entrepris pour empêcher les éboulements qui se produisaient. C'est par des systèmes complets de drainage, par de profondes pierrées pénétrant dans le roc solide et présentant plusieurs kilomètres de longueur qu'on a pu absorber l'eau qui alimentait les bancs de glissement. Les eaux ainsi rassemblées sont rejetées dans le bas de la vallée.

Le viaduc de la Salera traverse une vallée dont le fond est recouvert d'une couche éboulée qui présente près du Thalweg jusqu'à 22 mètres d'épaisseur. Il fallait asseoir les piles du viaduc sur la

roche solide ; or, l'éboulis était tellement fluent, qu'on n'aurait jamais pu y maintenir, par aucun système de consolidation, une excavation d'environ 10 mètres de long sur 4 mètres de large et de toute la profondeur de la couche.

On s'arrêta au moyen suivant : On perça suivant le petit axe de la section de la pile un puits vertical de $1^{m},20$ de largeur, ayant en longueur la largeur même de la pile, et partageant en deux rectangles la section de celle-ci. De solides blindages suffirent pour prévenir tout éboulement. Ce puits étant arrivé à profondeur, soit à environ 2 mètres dans la roche solide, on excava sur 3 mètres de hauteur une chambre cubique ayant pour section horizontale l'une des moitiés du rectangle de la pile. Les boisages étaient disposés comme dans le battage des galeries en terrain ébouleux. La chambre une fois creusée, on construisit la maçonnerie définitive, jusqu'à la remplir entièrement. On en fit autant sur l'autre moitié du rectangle de la pile, en garnissant aussi la section même du puits, et l'on obtint une première assise de 3 mètres. Continuant de même à se servir du puits pour l'épuisement des eaux, pour l'enlèvement des déblais et pour la descente des matériaux, on creusa successivement à droite et à gauche du puits des chambres de 3 mètres de haut, occupant une moitié de la surface de la fondation, et on les remplit de maçonnerie en retirant les bois au fur et à mesure. On parvint ainsi, en s'élevant, jusqu'à la couche superficielle qui n'avait subi aucune déformation. La dernière assise de la fondation fut posée à ciel ouvert.

Au delà du faîte, le chemin descend pendant 10 kilomètres dans la vallée de l'Alsasua, jusqu'à Olazagutia. Cette partie de la ligne présente une succession de quatre remblais cubant ensemble 300,000 mètres cubes sur 3 kilomètres de longueur.

C'est à Alsasua que s'embranche sur le chemin du Nord la ligne de Pampelune, actuellement en construction, qui se continue elle-même par les chemins de Pampelune à Saragosse, et de Saragosse à Madrid.

Le tableau n° 1 indique l'inclinaison et la longueur des rampes et des pentes comprises dans la section des Pyrénées, le tableau n° 2 celui des courbes de cette même section.

N° 1. — PENTES ET RAMPES DE LA SECTION DES PYRÉNÉES.

LONGUEURS.	RAMPES en millièmes.	PENTES en millièmes.	POINTS PRINCIPAUX DU PARCOURS.
500	8	.	Beasain.
471	11	..	Tunnel de l'Oria
			— de Molino.
202	2	..	— d'Araundia
			Viaduc d'Ormaiz egui
0,151	15	.	Tunnel Ilarrazabal
			— d'Ormaiztegui
400	12	..	— d'Olazaba..
			— d'Erismendi
1 833	15	.	— d'Olazabarran
155	. 0		
1,540	15		Tunnel de Zumarraga
478	. 0		
508	10	»	»
200	15	»	»
200	10	»	»
9 200	15		Tunnel de Brincola
3,000	10	.	— de Oazurza.
93	.. 0		
664	10	.	Tunnel d'Osina
451	15	..	— d'Arizandia

LONGUEURS.	RAMPES en millièmes.	PENTES en millièmes.	POINTS PRINCIPAUX DU PARCOURS.
315	13	..	Tunnel d'Uslan
1,301	15	..	— de Pagoeta
104	10	.	— d'Asocaran.
243	.. 0		
1,358	9	.	Tunnel d'Osinela.
			— de Salinas
			Tunnel de la Fontaine.
1,514	10	..	— de Rosen-Area.
			— de Pujtado.
			— de Salera.
400	5	»	»
200	0		
892	4		Tunnel d'Olzaurte.
207	0		
8,872	10	10	Pont de l'Alsasua
523	0		
266	.	10	»
150	.	6	Olazagutia
45,781 l totale			

N° 2. — COURBES DE LA SECTION DES PYRÉNÉES.

RAYONS DES COURBES.	DÉVELOPPEMENT	RAYONS DES COURBES.	DÉVELOPPEMENT
250 mètres	409 mètres	Report . . .	15,181 mètres
300 —	5 615 —	350 mètres.	409 —
315 —	777 —	600 —	173 —
350 —	1,522 —	800 —	1,455 —
400 —	3,548 —	900 —	1,138 —
500 —	3 422 —	1 000 —	500 —
À reporter. . .	15,181 mètres	2,000 —	175 —
Développement total des courbes			18 908 mètres
Alignements.			26,873 —
Développement total de la section			45,781 —

Les 46 kilomètres de Beasain à Olazagutia présentent en résumé 27 kilomètres de parties rectilignes et 19 kilomètres de courbes, dont $5^k,6$ du rayon minimum de 300 mètres.

Il est certain que ces conditions de tracé, que nous trouvions étroites il n'y a qu'un instant au point de vue des travaux coûteux et difficiles qu'elles nécessitent, ne laisseront pas de créer certains embarras d'exploitation. Une rampe continue de 30 kilomètres, inclinée $0^m,01\ 1/2$ par mètre et présentant des courbes fréquentes dont le rayon s'abaisse jusqu'à 300 mètres, voilà certes les premiers éléments d'un assez beau problème de traction.

Le matériel roulant du chemin de fer du Nord de l'Espagne est à peu près celui en usage sur les chemins de fer français ; les voitures et wagons y sont seulement un peu plus larges, par suite du léger excès de largeur de la voie. Pour cette raison, et aussi en prévision des causes de détérioration venant du climat extrême du pays traversé, les véhicules sont solidement établis, et par suite assez pesants. Les roues ont un mètre de diamètre, et l'écartement des essieux est fixé d'après les cotes généralement adoptées.

La question des freins prendra certainement une grande importance ; il faut assurer la sécurité de la descente sur la rampe ; il faut prévoir aussi le cas où pendant la montée le train viendrait à être coupé. Des freins à vis et des freins automoteurs du système Guérin sont établis sur un grand nombre de voitures et wagons. On songe aussi à appliquer des freins d'une plus grande puissance, si les premiers résultats de l'exploitation en démontrent la nécessité.

De fortes locomotives à huit roues ont été construites pour la traction dans les Pyrénées. On a cherché dans l'établissement de ces machines à éviter toute réduction dans la charge des trains sur cette section. Elles doivent pouvoir remorquer sur la rampe, grâce à une légère réduction de vitesse, les mêmes trains que les machines ordinaires du chemin qui sont des locomotives à trois essieux couplés du type Bourbonnais, pesant en service environ 33 tonnes[1].

Disons en passant que la voie se compose de rails à patin de 37 kilog. par mètre, fixés par des crampons sur des traverses en pin des Landes, préparé au sulfate de cuivre.

L'annexe 3 donne le tableau des tunnels, et l'annexe 4 celui des principaux ponts et aqueducs.

[1] Ces machines ont été décrites III[e] volume, pag. 114.

N° 3. — TUNNELS DE LA SECTION DES PYRÉNÉES.

DÉSIGNATION	LONGUEUR.	DISTANCE de BEASAIN
	mètres.	kilom.
Tunnel de l'Oria	102	1
— de Molino	70	2
— d'Araundia	125	5 8
— d'Ilarrazabal	416	7
— d'Ormaiztegui	250	7.7
— d'Olazabal	140	9
— d'Erismendi	530	9.2
— d'Olazabarran	465	10.2
— de Zumarraga	085	11 6
— de Brincola	282	22.3
— d'Oazurza	2,053	23.7
— d'Osina	701	25.5
— d'Arizundia	100	24 3
— d'Uslan	363	24 5
— de Pagoeta	185	28.5
— d'Asocarran	100	29
— d'Osineta	720	29.4
— de Salinas	340	30.5
— de la Fontaine	186	31
— de Bosca-Area	225	31 5
— de Pajstado	100	32 3
— de Salera	141	33.4
— d'Otzaurte	1,158	34
Ensemble, 23 tunnels	10,380	

N° 4. — PONTS ET VIADUCS DE LA SECTION DES PYRÉNÉES.

DÉSIGNATION.	LONGUEUR	DISTANCE de BEASAIN.
	mètres.	kilom.
Pont sur l'Oria	22	0 5
Id.	10	1
Viaduc d'Ormaiztegui	284	5.5
Pont sur l'Urola	12	14.3
Id.	12	15.5
Viaduc de la Salera	118	33 5
Pont sur l'Asona	15	38.8
Id	20	41.0
Id.	16.40	43.5
Id	20	44.8
Ensemble, 10 ouvrages	535.40	

La section qui descend la vallée de l'Èbre, d'Olazagutia à Miranda (75 kil.) ne présente aucune difficulté; on n'y rencontre qu'un souterrain de 520 mètres et six ponts d'une certaine importance.

Victoria, capitale de la province d'Alava, est à 147 kilomètres de la frontière française. C'est une jolie ville rebâtie à neuf, et qui compte environ 14,000 habitants. Cette ville paraît appelée à prendre une grande importance, surtout depuis qu'elle est réunie par le chemin de fer de Tudela à Bilbao à la Biscaye, la troisième de ces provinces actives et prospères, qui luttent depuis si longtemps et actuellement encore contre toute tentative de centralisation. Disons en passant que Bilbao, malgré la difficulté de son accès, est un port fréquenté, faisant pour 70 à 80 millions d'affaires par an, et que la Biscaye possède des usines à fer importantes, des minières riches et développées et des manufactures des produits les plus variés.

C'est à Miranda que le chemin de fer traverse l'Èbre, frontière du pays basque. Le chemin de Bilbao à Tudela s'embranche à cet endroit sur le chemin du Nord pour se diriger d'un côté sur Bilbao et de l'autre vers Saragosse, en remontant le cours de l'Èbre.

Pour passer de l'Èbre, que la ligne traverse à la cote. . 461[m]
dans la vallée du Duero, il faut franchir le faîte de la Brujula, dont l'altitude est de. 954

Cette section présente une longueur de 66 kilomètres; ce maximum d'inclinaison des rampes est fixé à 10 millimètres par mètre. Le chemin de fer s'élève d'abord avec cette inclinaison de 1 p. 100 jusqu'au village de Pancorbo à la cote. 630

Trois kilomètres avant ce village, le pittoresque viaduc des Trois-Moulins supporte la voie à 35 mètres d'élévation et se compose de six arches de 10 mètres en maçonnerie, et d'une travée en tôle de 50 mètres. On arrive à Pancorbo dans une gorge d'un kilomètre environ de longueur, creusée entre deux masses de roches à pic, qui se rapprochent en certaines places, presque jusqu'à se toucher; ce défilé, qui livre passage à la route et au torrent d'Oroncillo, est surnommé les Thermopyles de la Vieille-Castille.

Le chemin de fer n'a pu s'y faire jour qu'au prix de travaux importants. Des murs de soutènement élevés le supportent; un élégant viaduc, dit le Viaduc des Thermopyles, traverse le torrent et deux tunnels percés dans les rochers abrupts qui ferment le passage donnent au chemin une issue inattendue.

De Pancorbo à Monasterio (38 kilomètres), le tracé ne présente pas de difficulté; c'est entre Monasterio et Quintanapalla (15 kilomètres) que le chemin franchit le faîte de la Brujula par quatre tunnels d'une longueur totale de 1,800 mètres environ, dont le dernier a 1,026 mètres. Ces tunnels et quelques tranchées assez profondes ont été percées dans les marnes gypseuses qui commencent à se montrer au delà de Pancorbo.

C'est après le faîte de la Brujula que commence la vallée du Duero.

Tout le versant nord de cette vallée et toute la partie qui s'étend sur l'autre versant jusqu'au pied de la chaîne du Guadarrama, forment un immense plateau ne présentant que des inclinaisons très-douces. Aussi les rails ont-ils pu être posés sur 235 kilomètres presque à fleur du sol. En dehors de quatre ponts sur le Duero et ses affluents, les ouvrages d'art y sont rares et peu importants. Il y a peu de pays où l'on trouve sur une aussi grande longueur un tracé aussi facile et aussi économique.

Cette plaine immense est d'une fertilité remarquable, qui n'a d'égale que sa monotonie. Pas un arbre, pas une colline, pas un rocher, partout la plaine dépouillée qui s'étend à perte de vue, mais partout aussi de grands champs de blé, qui ne reçoivent jamais d'engrais, qui sont labourés très-superficiellement et qui n'en portent pas moins en abondance un blé de la plus belle qualité. L'exportation annuelle du plateau est estimée à deux millions d'hectolitres, qui s'expédient par Santander, Bilbao et Saint-Sébastien, partie en Angleterre et en France, partie à l'état de farine dans les Antilles espagnoles. De nombreux moulins hydrauliques, des minoteries de premier ordre, sont installés à Palencia, à Valladolid et en divers points. La récolte de vins est, dit-on, tellement abondante qu'il s'en jette, à certaines années, de grandes quantités qu'on ne sait où loger; d'innombrables troupeaux produisent cha-

que année quatre à cinq millions de kilogrammes de laine, qui se travaille à Avila, à Medina del Campo, à Valladolid, Palencia, Burgos et Santander.

Un canal alimenté par le Duero part de Valladolid, pénètre par des embranchements jusqu'aux centres principaux du commerce des blés, arrive au pied de la chaine cantabrique à Alar del Rey, et se continue par une route aboutissant à Santander. Cette voie de communication créée il y a plus d'un siècle, sous le règne de Ferdinand VI, était, jusqu'à la construction du chemin de fer, la principale issue des céréales de la Vieille-Castille.

Burgos est la première ville que l'on rencontre dans ce long parcours, elle est située à 268 kilomètres de la frontière, à 370 kilomètres de Madrid Burgos, capitale de la province de ce nom, est construite sur une colline, près de la rivière d'Arlanzon. Cette ville, qui a eu autrefois 40,000 habitants, et qui jouissait d'une très-grande prospérité, est aujourd'hui beaucoup moins peuplée.

Venta de Baños, dans la province de Palencia, est à 285 kilomètres de Madrid; c'est le point d'embranchement de la ligne de Santander. La première portion de cette ligne, celle comprise entre Venta de Baños et Alar del Rey (91 kilomètres) appartient à la Compagnie du Nord de l'Espagne. L'autre partie, qui présente encore une lacune au passage de la montagne, entre Barcena et Reynosa, a été concédée à une compagnie espagnole. Le tracé suit de très-près le canal et la route de Santander, et ne présente aucune difficulté. Le chemin de fer passe à Palencia, où s'embranchent les lignes qui se dirigent vers Leon, Oviedo, la Corogne et Vigo.

Santander est le premier port de la côte du Nord de l'Espagne; la rade est abritée, accessible aux bâtiments d'un fort tonnage. Il s'y fait chaque année pour 80 millions de francs de trafic, d'importation et d'exportation. Il n'y a en Espagne que les ports de Cadix et de Barcelone qui soient plus fréquentés. Santander voit chaque année augmenter sa prospérité; la sortie des vins, des grains et des farines y devient de plus en plus active. Il y a dans la ville trente à quarante minoteries, dont plusieurs sont très-importantes. Des

mines de charbon sont depuis plusieurs années exploitées avec une grande activité par le Crédit mobilier espagnol, à Barruelo, province de Santander, et un chemin de fer vient d'être construit qui réunit ces mines au chemin d'Isabelle, à Quintanilla ; ces charbons, propres au chauffage des locomotives et à la fabrication du gaz, peuvent ainsi alimenter en partie le chemin de fer du Nord et l'usine à gaz de Madrid.

Un second centre d'exploitation est en ce moment en voie de développement dans la même contrée, à Valderueda.

Revenant au point d'embranchement, nous trouvons, en allant vers Madrid, la ville de Valladolid, sous Charles-Quint, la capitale de l'Espagne.

Valladolid, à 250 kilomètres de Madrid, est bâtie sur l'Esquera et la Pisuerga, affluents de l'Èbre; cette ville, qui a compté près de 100,000 habitants, n'en a plus aujourd'hui qu'une trentaine de mille. Sa position, au centre même du plateau; la fertilité de ses environs, ses fabriques, ses foires, son industrie, avait fait sa prospérité, et comme tous ces éléments existent encore ou sont sur le point de renaître, on peut prévoir un essor nouveau auquel le chemin de fer n'aura pas été étranger.

C'est à Valladolid que sont installés les ateliers de réparation de la ligne. Les divers services de la direction y ont été fixés jusqu'à ces derniers temps et ont été récemment transférés à Madrid.

Quarante kilomètres plus loin, la ligne passe à Medina del Campo, où s'embranchent les lignes de Salamanque et de Zamora, qui se dirigent vers le Portugal.

Medina, qui ne compte aujourd'hui que 4 à 5,000 âmes, est encore un exemple de cette décadence dont l'Espagne a eu tant à souffrir. Au seizième siècle, elle renfermait 70,000 habitants industrieux et riches; il s'y tenait des foires célèbres pour les draps et les lainages, les cuirs, les épices. Il se faisait à chaque foire des centaines de millions d'affaires. Aujourd'hui Medina ne peut plus présenter qu'un intérêt historique ; entre autres ruines, celles de l'Alcazar, construit par les Maures, sont encore très-importantes.

Le chemin de fer arrive ensuite jusqu'à Avila, ville de six mille âmes, dont on aperçoit du chemin de fer les anciennes fortifications. Avila est situé à la cote. . . . . 1,132[m]

Au pied de la chaîne du Guadarrama, le faîte est traversé par le tunnel de la Cagnada à l'altitude 1,360

Puis la voie redescend sur l'autre versant jusqu'à l'Escurial, dont la hauteur au-dessus du niveau de la mer est de. 925

Les 71 kilomètres qui séparent Avila de l'Escurial et qui forment la traversée du Guadarrama ont présenté des difficultés aussi grandes que la section des Pyrénées. Cette œuvre importante a été menée à bonne fin par M. Lesguiller, ingénieur des ponts et chaussées, ingénieur en chef de la Compagnie. La section était partagée en lots dont l'exécution était confiée à divers entrepreneurs.

Les rampes et les pentes ont une inclinaison à peu près constante de 15 millimètres par mètre ; les souterrains, les remblais élevés et les tranchées profondes reparaissent, mais ces ouvrages ne sont plus percés dans la marne ou dans l'argile des terrains secondaires. Nous trouvons là toutes les variétés de granites des terrains primitifs ; depuis le granite à petits grains composé de feldspath blanc, de quartz gris et de mica noir, jusqu'au granite porphyroïde composé d'une pâte feldspathique rose agglomérat de gros cristaux de feldspath lamelleux. Les granites à gros grains sont les plus tendres, ils peuvent être travaillés pour fournir des pierres de construction, des dalles et des pavés. On rencontre des places comme à S. Lorenzo, où jusqu'à une certaine profondeur, le granite est décomposé et se désagrége facilement ; on trouve des argiles et des kaolins d'assez belle qualité, mais il y a aussi des parties où la roche est d'une dureté telle que l'acier et la poudre restent presque sans action sur elle.

Tout ce pays est absolument dénudé, stérile et inhabité, le paysage y est d'une sauvage grandeur, les rochers affectent les formes les plus fantastiques, ce sont tantôt des pics élevés qu'il faut traverser en tunnel, tantôt de profondes déchirures, qu'il faut franchir sur des viaducs ou des remblais elevés

Mais d'autres causes de difficultés sont venues s'ajouter à celles qui provenaient de la dureté de la roche ou de la configuration du

sol. On a toujours beaucoup de peine à réunir, sans arriver à des salaires exagérés, douze ou treize mille travailleurs dans un pays aussi complétement désert et aride; mais ici on avait de plus à lutter contre des fièvres dangereuses qui sévissaient surtout sur le versant sud pendant les plus fortes chaleurs. Cette maladie, qui emportait les hommes en peu de jours, souvent même en quelques heures, menaçait de décimer et de désorganiser les chantiers, et a obligé les ingénieurs à imaginer des moyens spéciaux.

Outre l'organisation d'un service sanitaire développé et l'emploi des mesures d'hygiène ordinaires, on a dû diminuer l'activité des chantiers du versant sud pendant les mois les plus chauds et remplacer le travail de jour par le travail de nuit. D'ailleurs, la rapidité imposée à l'exécution de la section rendait nécessaire, pendant une certaine période, le travail de jour et de nuit.

On eut recours à la lumière électrique et nous trouvons là la plus grande application qui ait encore été faite de ce procédé, du moins à notre connaissance, à l'éclairage des chantiers de travaux.

Dix tranchées furent ainsi éclairées pendant un nombre total de 9,400 heures, réparties sur les deux campagnes de 1862 et de 1863.

Pour éclairer les tranchées de 15 à 30 mètres de profondeur à attaques étagées, on a installé, en tête des chantiers, sur les points les plus élevés du sol naturel, des pylones de quelques mètres de hauteur.

Deux régulateurs du système de M. Serrin étaient placés sur chaque pylône; afin de n'avoir pas d'éclipses pendant le remplacement des baguettes de charbon usées, on faisait passer le courant de l'un des appareils à l'autre à l'aide d'un commutateur. Deux piles de 50 éléments Bunsen de 15 cent. de hauteur produisaient successivement le courant. On les réunissait en quantité quand les acides s'étaient trop affaiblis pour qu'une seule pile suffît à entretenir la lumière.

La lumière a toujours été belle et régulière; elle éclairait avec profusion un atelier de cent ouvriers sans pourtant blesser la vue des travailleurs par son intensité.

Suivant la disposition du chantier, on employait un réflecteur parabolique éclairant très-bien 30 mètres de largeur à 100 mètres de distance et pouvant même lancer une lumière suffisante à 250 mètres, ou un réflecteur hyperbolique éclairant bien 30 mètres de large, à 100 mètres de distance et pouvant aller jusqu'à 200 mètres.

Le fonctionnement des régulateurs n'a donné lieu à aucune difficulté. Sous la direction d'un employé spécial, les ouvriers du pays sont très-aisément devenus de bons surveillants des appareils.

Le prix de revient de la lumière électrique, comprenant la consommation des matières, l'entretien des appareils en construction, les pylônes, les frais de personnel et les transports, s'est élevé à 9 fr. 44 par heure.

Il n'aurait probablement pas dépassé 6 fr. par heure, dans un pays où les transports, les faux frais et l'imprévu n'auraient pas pris, comme dans le Guadarrama, une importance exceptionnelle.

Cette dépense est, d'ailleurs, de beaucoup inférieure à celle qu'occasionnaient les torches qui donnaient bien moins de lumière, dans de bien moins bonnes conditions.

En raison de la grande dureté des granites à attaquer et du peu d'effet que produisait la poudre employée à la façon ordinaire dans des trous de mine de petit diamètre, on a eu recours, dans les travaux du Guadarrama, à l'emploi d'un genre de mines, dites mines monstres, qui avait donné de bons résultats dans divers travaux de ports.

Un puits vertical, ayant jusqu'à 22 mètres de profondeur, était percé dans l'axe de la tranchée, deux galeries horizontales de longueur variable et allant jusqu'à 16 mètres étaient ouvertes suivant cet axe, et au bout de ces galeries, on creusait des chambres cubiques assez grandes pour contenir jusqu'à 100, ou 1,200 kilogrammes de poudre renfermée dans des caisses en zinc entourées de bois.

On maçonne soigneusement ces chambres et ces galeries, on emplit le puits de terre ou de sable. C'est à l'aide d'appareils d'induction, système Rumtorff, qu'on enflamme la poudre à distance.

Le cube de rocher ébranlé est considérable et s'est élevé dans quelques cas jusqu'à 17,000 mètres. En moyenne chaque mètre cube de rocher ébranlé a nécessité l'emploi de 1k,8 de poudre. Suivant que la charge était plus ou moins forte, le terrain était seulement soulevé et fissuré, ou bien il était entièrement disloqué et les fragments projetés à une grande hauteur.

Il a été fait dans le creusement d'une de ces grandes mines une application de la lumière électrique qui mérite d'être signalée. On travaillait à l'avancement d'une galerie horizontale, à cause du faible développement de ces travaux, aucun moyen d'aérage n'avait été organisé. L'air vicié par la respiration des ouvriers, par la combustion des lampes et par le tirage des petites mines ou pétards, devenait de plus en plus mauvais, et les mineurs devaient se relayer d'heure en heure et ne travaillaient qu'avec peine.

M. Bukaty, l'ingénieur chargé de la direction de ces grandes mines et aussi de celle de l'éclairage électrique, eut l'idée de descendre un de ces régulateurs dans la galerie et d'y produire la lumière électrique. Le résultat fut immédiat : l'une des causes de viciation de l'atmosphère ayant disparu, l'aérage naturel devint suffisant et les ouvriers purent continuer leur travail dans de meilleures conditions de ventilation et d'éclairage. Depuis ce jour, on eut recours à ce moyen ingénieux en diverses occasions analogues.

Les annexes nos 5 et 6 donnent la distribution des rampes et des courbes de la section d'Avila et d Escurial.

Le profil en long peut se résumer comme suit :

INCLINAISON EN MILLIÈMES.	LONGUEUR DES RAMPES ET PENTES.	INCLINAISON EN MILLIÈMES.	LONGUEUR DES RAMPES ET PENTES.
		Report. . .	17 696
0. .	11.646	8 . . .	2 400
3 . .	800	10 .	24.962
4. . .	1 500	11. .	1 410
5 . . .	3 000	14 . .	15 749
6.	750	15. .	10 161
A reporter. .	17 696	Total . .	72,378

N° 5. — PENTES ET RAMPES DE LA SECTION DU GUADARRAMA.

PENTES en millièmes	RAMPES en millièmes	LONGUEURS	LIEUX DE PASSAGE	PENTES en millièmes	RAMPES en millièmes	LONGUEURS	LIEUX DE PASSAGE.
»	10	174	Station d'Avila	REPORT		37,410	
0		600		14		3,465	
10		1,000		0		700	
0		2,400		14		6,000	
»	10	4,100		8		500	
»	15	4,900		14		2,400	
»	11	500		8		500	
»	15	5,850		5		800	Tunnel de la Paradilla
»	11	910	Tunnel de Navalgrande	10		3,070	Santa-Maria
»	14	454		0		2,450	
»	8	400		5		1,800	Robledo.
»	10	3,300		0		700	
»	8	1,000	Tunnel de la Cañada	3		800	Tunnel de Portachuelo
0		542		10		800	
10		8,258		0		1,750	Zarzalejo
0		750		10		1,750	
		500	Station de Navalperal	5		400	
4		1,100		10		5,400	
14		3,450		4		200	Station de l'Escurial
10		150		0		894	
0		355	Station de las Navas				
À REPORTER		37,419		TOTAL		71,578	

N° 6. — COURBES DE LA SECTION DU GUADARRAMA.

RAYONS DES COURBES.	DÉVELOPPEMENT.	RAYONS DES COURBES.	DÉVELOPPEMENT
400 mètres.	4,355 mètres	Report . .	25,807 mètres.
430 —	469 —	700 mètres.	1,210 —
450 —	8,777 —	720 —	630 —
500 —	8,979 —	750 —	156 —
550 —	394 .	800 —	2,469 —
580 —	1,235 —	900 —	658 —
600 —	1,658 —	950 —	205 —
À REPORTER . .	25,807 mètres	1,000 —	3,089 —
Développement total des courbes			35,225 mètres.
Alignements			36,153 —
Développement total de la section			71,578 mètres

On voit que dans cette traversée de montagnes, les rampes de 15mm et les courbes de 300 mètres de rayon ont été largement employées pour tourner avec le moins de travaux possibles les obstacles sans nombre qu'offrait la configuration capricieuse du sol.

Voici les quantités approximatives de terrassements compris dans cette section :

	LONGUEUR	CUBE.
D'Avila à Val de la Via. . . .	17 kilom	1.104 000 mèt. c.
De Val de la Via à Navalperal. . .	16 —	984 000 —
De Navalperal à Paradilla. .	19 —	1 916 000 —
De Paradilla à l'Escurial. . . .	19 —	738 000 —
ENSEMBLE.	71 kilom	4 722 000 mèt. c

La maçonnerie, non compris le cube des revêtements des tunnels, se répartit comme suit :

	LONGUEUR.
D'Avila à Val de la Via	6 500 mètres cubes.
De Val de la Via à Navalperal. . . .	26 900 —
De Navalperal à Paradilla	26 600 —
De Paradilla à l'Escurial . . .	8 800 —
ENSEMBLE.	78 600 mètres cubes.

L'annexe n° 7 donne la liste des tunnels de la section. Elle se résume par seize souterrains d'un développement total de 4,455 mètres. Le plus long, celui de Navalgrande a 1,000 mètres de longueur. Tous, excepté celui de Val de Junio de 140 mètres, sont percés dans le rocher.

Les viaducs principaux sont au nombre de quatre. Le viaduc en

tôle de la Gartera a 22 mètres de hauteur sous poutre et 151 mètres de longueur totale; il a 108 mètres de portée en trois travées. Comme il est placé entre deux courbes de sens contraire, cet élégant ouvrage peut être vu par les voyageurs sous tous ses aspects.

Le viaduc de Val de Espinos, tout en maçonnerie, a 32 mètres de haut et 100 mètres de longueur, et se compose de trois arches de 15 mètres; de portée; il est en courbe de 400 mètres de rayon.

Le viaduc de Zarzalon a 83 mètres de long, sa hauteur est de 29 mètres, il se compose de trois arches en maçonnerie de 15 mètres d'ouverture.

Enfin, le viaduc Rio Molinos supporte la voie à 41 mètres au-dessus du fond de la vallée, il a 176 mètres de long et se compose de sept arches en pierre de 15 mètres chacune. Il présente aussi une courbure de 400 mètres de rayon.

Le poids total de poudre de mine employée dans le Guadarrama est égal à peu près à 420,000 kilogrammes.

Le nombre d'ouvriers employés à la fois sur les chantiers a fréquemment dépassé treize mille. Les travaux ont duré quatre années.

Nous voilà parvenus à l'Escurial qui marque l'extrémité de cette difficile section. A une demie-lieue du village de ce nom, sur un plateau élevé, le palais de l'Escurial se dresse avec son aspect sombre et superbe, ses proportions régulières et colossales qui s'harmonisent avec les rochers de la montagne.

Nous sommes à 50 kilomètres de Madrid et l'on aperçoit quelques villas où les habitants de la capitale viennent chercher en été l'ombre et la fraîcheur de la montagne.

Le chemin de fer continue à descendre, mais avec des pentes qui ne dépassent plus l'inclinaison du centième, à travers les plaines rocheuses de la Nouvelle-Castille.

Le pays, aux approches de Madrid, est triste et dépeuplé. Rien ne ressemble moins que cette contrée déserte aux alentours d'une grande ville, comme aussi rien ne ressemble moins que le pompeux Manzanarès à un fleuve digne d'arroser la capitale d'un grand pays. Le chemin de fer traverse ce fleuve sur un beau pont en

pierre de cinq arches et arrive à Madrid au pied de la montagne du Principe pio et dans le voisinage du palais royal.

Nous n'avons rien à dire de le gare de Madrid qui n'est encore qu'un édifice provisoire en charpente sans aucune prétention monumentale.

La gare du Nord est reliée à la gare du chemin de fer d'Alicante et Saragosse par un chemin de ceinture de 7k,5 de longueur traversant en dessous les nombreuses routes qui rayonnent de la ville.

En résumé, le chemin de fer du Nord de l'Espagne composé de

la ligne de Madrid à Irun de	638	kilomètres
et de l'embranchement de Vanta de Bagnos, à Alar del Rey.	91	»
Ensemble. . .	729	kilomètres
présente un tracé tout ordinaire sur une longueur de.	469	»
dont une grande partie est même remarquablement facile et économique ; puis sur un développement de.	143	»
le tracé, sans être encore très-accidenté, compte cependant des travaux assez difficiles.		
Enfin les.	117	»
qui complètent les.	729	kilomètres

correspondent à la traversée de deux chaînes de montagne qui offraient à peu près les plus grandes difficultés qui puissent se rencontrer dans la construction des chemins de fer.

Dôle à Neufchâtel en Suisse. — La ligne de Dôle à Neufchâtel par Montbard et Pontarlier est fort accidentée. Depuis Montbard, en allant vers Pontarlier, on trouve, sur un parcours de 18 kilomètres, une rampe de 20 millimètres. Dans l'autre sens, d'Auvernier à Boveresse, les rampes sont de 20, 16, 15 et 19 millimètres, sur plus de 23 kilomètres.

Les courbes ont 300 mètres de rayons et au-dessus.

Chemins avec pente maxima dépassant 20 millimètres

Chemin d'Arvant au Lot. — Cette ligne, d'une longueur de 76 kilomètres, quitte la gare d'Arvant en rampe de 10 millimètres sur 2 kil. 5 environ de parcours pour redescendre sur une pente de 3,49 millimètres. Après un court palier, le chemin traverse cinq petits tunnels qu'il franchit à l'aide de rampes de 7 et de 8 millimètres, puis continue son mouvement ascensionnel jusqu'à la station de Ferrières-Sainte-Mary, en atteignant 9 à 10 millimètres d'inclinaison. A ce point de son parcours, le chemin devient plus accidenté. On trouve à la suite d'une rampe de 10 millimètres une rampe de 16 millimètres dont la longueur est de 8 kil. 5, puis le palier de la station de Leussargues, auquel succède une rampe de 12,5 millimètres sur 5 kilomètres; vient ensuite une série de petites rampes de 7,5 et 9 millièmes à la suite desquelles se trouve le palier de la station de Murat. Après avoir descendu pendant 700 mètres environ sur une pente de 10 millimètres, on rencontre vers Léozau deux rampes de 30 millimètres et de 8 kilomètres environ de longueur coupées vers leur milieu par un palier de 500 mètres. De Léozau le chemin descend pendant 2 kilomètres en souterrain une pente de 21 millimètres qui atteint brusquement 30 millimètres sur une longueur de 15 kilomètres coupée seulement par deux paliers. C'est ainsi qu'on atteint la station de Thuzac et qu'on arrive à celle de Vic. Là, le profil du chemin devient moins roide, et présente l'aspect d'une suite de pentes et de rampes dont la plus faible est de 2 millimètres et la plus forte de 10. Cette dernière donne une longueur cumulée de 15 kil. environ sur 53 kilomètres parcourus. En ce point, on retrouve une pente de 16 millimètres à laquelle succèdent un palier et une rampe qui précèdent une nouvelle rampe de 16 millimètres conduisant à la station de Rousset. Ces deux rampes de 16 millimètres ont, l'une 3 kilomètres et l'autre 4. De Rousset le chemin redescend deux pentes de 20 millimètres ayant une longueur de 14 kil. 5, coupées par le palier de la station de Boisset. Après une pente de 16 millimètres, le chemin rentre dans des conditions normales et arrive à Capdenac après avoir traversé les stations de

Maure, Bauhac et Figeac sur des pentes variant de 1 à 8 et 10 millimètres. A cette dernière station, le chemin traverse un souterrain de 1,300 mètres de longueur en rampe de 6,2 millimètres, et redescend sur Capdenac pendant 3,5 kil., en traversant deux souterrains de 300 et 600 mètres en pente de 12 millimètres.

Lignes d'Innsbruck à Botzen par le Brenner. — Ce chemin d'une longueur de 119 kilomètres, est très-accidenté, et les pentes y sont très-fortes en beaucoup d'endroits.

A Innsbruck, la ligne prend de suite une inclinaison ascensionnelle de 25 millimètres sur une longueur de 7,489 mètres, jusqu'à la station de Patsch, où, sur 366 mètres, on ne monte qu'avec 2,5 millimètres de rampe. De Patsch à Matric, le chemin reprend son inclinaison première de 25 millimètres pendant un parcours de 7,858 mètres. A Matrie, on rencontre sur 399 mètres une rampe de 10 millimètres, à laquelle succède en guise de palier une nouvelle rampe de 2,5 millimètres sur une longueur de 540 mètres, puis une autre rampe de 17 millimètres sur 930 mètres, une autre de 9 millimètres sur 1,353 mètres, une de 12,5 millimètres sur 1,080; une de 17,5 millimètres sur 915 mètres, et enfin la station de Steinach, qui a 483 mètres de long et une rampe de 2,5 pour mille. De ce point, le chemin reprend sa marche ascensionnelle pendant 3,792 mètres en rampe de 25 millimètres. A ce point de son parcours le chemin traverse un souterrain de 554 mètres de longueur en rampe de 17,5 millimètres, puis remonte avec 25 millimètres d'inclinaison une partie du chemin de 3,379 mètres de longueur. A Gries, sur une longueur de 420 mètres, on a repris la rampe ordinaire aux stations soit 2,5 millimètres, puis, jusqu'au Brenner, celle de 25 millimètres pendant 4,374 mètres.

A cette station on trouve le premier palier de la ligne, qui mesure 490 mètres A partir de ce point culminant, le chemin commence à descendre, d'abord sur une longueur de 83 mètres en pente de 7,5 millimètres, puis de 16 millimètres pendant 240 mètres; puis 7,5 millimètres sur 420 mètres; 2,5 millimètres sur 300 mètres; 9 millimètres sur 60 mètres, et 16 millimètres sur 60 mètres. Là, l'inclinaison devient plus forte et pendant 1,920 mètres

on entre en pente de 22,5 pour mille. A la suite, deux petites pentes de 60 mètres, chacune ayant 20 et 18,5 millimètres d'inclinaison; une pente de 16 millimetres de 120 mètres de longueur, une de 7,5 millimètres sur 60 mètres; une de 7 millimètres sur 990 mètres; deux de 60 mètres et de 12,5 et 17,5 millimètres. Viennent ensuite d'autres parties en pentes variées, une de 2,160 mètres sur 22,5 millimètres de pente, deux de 60 mètres sur 16 et 9 millimètres, une de 300 mètres avec 2,5 millimètres; une de 63 mètres sur 0,43 par millimètre, une de 60 sur 16. De Schilleberg le chemin suit une pente de 22,5 millimètres pendant 3,292 mètres puis une de 15 millimètres en souterrain de 840 mètres, pour reprendre de suite la pente précédente de 22,5 millimètres pendant 3,720 mètres. Jusqu'à Gossensass, où l'on trouve le second palier, qui a 438 mètres de longueur. En quittant cette station, le chemin redescend vers Sterznig pendant 4,753 mètres avec la pente de 22,5 millimètres, à laquelle succèdent deux parties de 60 mètres de long, ayant 16 et 9 millimètres de pente; là se trouve la station, qui, sur une longueur de 456, n'est plus inclinée que de 2,5 pour mille. A la suite de la station, sur des longueurs de 90 mètres, 330 et 60 mètres, on trouve les pentes successives de 7,5, à 15 et 7,5 millimètres par mètre, auxquelles fait suite une partie horizontale de 690 mètres de longueur. Jusqu'à Freinfeld, qui est établi sur un palier de 2,186 mètres de longueur, on trouve une pente de 7,5 millimètres sur 60 mètres; une de 15 millimètres sur 270 mètres, une 7,5 millimètres sur 120 mètres, et une de 18 millimètres sur 1,470 mètres. La station de Freinfeld est établie sur un palier, à la suite duquel se trouve une série de pentes d'une longueur de 57 kilomètres environ. La plus forte de ces pentes est de 22,5 millimètres. C'est ainsi qu'on franchit les stations de Grasstein, Franzensveste Brixen, Klansen, Wardbruck, Atzwomg, Muman et qu'on arrive à Botzen.

Les courbes sur ce chemin sont excessivement nombreuses; elles varient entre 270 et 2,400 mètres de rayon, on en compte : 59 de 270 mètres, 56 de 300, 26 de 360, 1 de 375, 1 de 390, 3 de 420, 28 de 450, 3 de 540, 28 de 600, 1 de 690, 3 de 720, 6 de 750, 23 de 900, 2 de 1,050, 7 de 1,200,

3 de 1,500, 4 de 1,800, 1 de 1,950, et enfin 2 de 2,400.

Les travaux d'art sur ce chemin seront considérables par leur nombre, on y trouve 28 passages souterrains de diverses longueurs, puis un grand nombre de ponts par-dessus et par-dessous. Les terrassements aussi ne laisseront pas que d'être assez importants.

Chemin de fer du Bourbonnais. — Ce chemin, d'une longueur de 73 kilomètres, présente un profil très-accidenté. Après un parcours de 25 kilomètres, qu'on effectue à l'aide de pentes et de rampes de 1 à 11 millimètres, on arrive au pied des fortes rampes de ce chemin. La première que l'on rencontre a près de 5,000 mètres de longueur et une inclinaison de 26 millièmes; puis, après avoir remonté une rampe de 5 et une de 12 mill., on redescend sur une nouvelle pente de 26 mill. pendant 4,527 mètres. A la suite de cette pente en existe une de 19 mill. 4; puis une série de pentes de 12, 11, 10, jusqu'à 2 millièmes. C'est sur cette pente que se fait le raccordement des deux lignes.

Les courbes sur ce chemin varient entre 400 et 2,000 mètres de rayon. Jusqu'à 1,000 mètres, elles passent presque par toutes les cotes intermédiaires. Les grandes inclinaisons de 26 millimètres comptent plusieurs courbes de 4 et 500 mètres de rayon.

Les travaux d'art sur cette ligne sont nombreux, mais peu importants; on y compte vingt-sept tunnels, dont le plus court n'a que 80 mètres de longueur, et le plus long 2,926.

Les autres travaux d'art, viaducs ou ponts, sont des travaux ordinaires qui ne méritent pas de description spéciale.

Chemin de Rome à Ancône. — Ce chemin, d'une longueur approximative de 245 kilomètres, quoique très-accidenté, n'offre cependant que sur deux points de son parcours des pentes supérieures à 20 millimètres.

Il est divisé en sept sections. La première, de Rome à Mont' Orso, longue de 43 kilomètres, où l'on ne trouve pas de pente supérieure à 15 millimètres, et où la plus faible est d'un tiers de millimètre.

Les courbes, dans cette partie du chemin, oscillent entre 400 et 2,000 mètres de rayon.

La seconde section, de Mont' Orso à Orte, dont la longueur est

de 35 kilomètres, n'a pas d'inclinaisons aussi prononcées; la plus forte est de 6 millièmes, et la plus faible de $0^m,00035$. Les courbes y sont de même rayon que dans la section précédente.

De Orte à Terni la distance est de 29 kilomètres. Les pentes y sont de 2 à 8 millimètres, et les courbes de 400 à 1,000 mètres de rayon.

De Terni à Fuligno, quatrième section de la ligne, on compte 54 kilomètres, qu'on franchit à l'aide d'une série de rampes de 10, 18, 22, 7,5-14,6 et 1,65, pour redescendre par une suite de pentes de 22, 2,14, 22, 8, 9, etc., etc., jusqu'à 1,8. C'est là que se trouve le premier faîte franchi. Les courbes, dans cette partie, ont de 350 à 1,000 mètres de rayon. Au passage des fortes pentes, elles ont de 600 à 1,000 mètres.

De Fuligno à Fossato, cinquième section de la ligne, la longueur de la voie est de 47 kilomètres. Le chemin se soude à la partie précédente à l'aide de pentes de 10, 8, 5, 2, pour atteindre bientôt les chiffres de 22, 19,6 et 20 millimètres. Le rayon des courbes varie de 400 à 1,000 mètres.

De Fossato alla Rossa on compte 28 kilomètres, pendant le passage desquels on trouve des pentes de 20, 12, 15 et 1,5, avec des courbes de 400 à 1,500 mètres de rayon.

Dalla Rossa all' Adriatico, dernière section de la ligne et la plus courte, puisqu'elle ne compte que 25 kilomètres, le chemin rentre dans les conditions ordinaires. Les pentes n'y dépassent pas $9^m,5$ et descendent jusqu'à 2 millimètres. Les courbes y sont de 300 à 1,000 mètres.

Ligne de Bologne à Pistoie. — La ligne de Bologne à Pistoie est d'une longueur de 100 kilomètres. En sortant de Bologne, elle emprunte le tracé de la ligne de Bologne à Plaisance jusqu'à la traversée du Reno. Elle se détache immédiatement après le pont, et remonte le Reno jusque vers sa source.

De Bologne à Porreta, les rampes n'ont rien d'exceptionnel, elles ne dépassent pas $0^m,010$ à $0^m,012$. La vallée du Reno, dans tout ce parcours, ne présente qu'une suite d'éboulements; les coteaux sont en mouvement en beaucoup de points sur plus d'un kilomètre de largeur. Il en est résulté la nécessité de dispositions toutes

spéciales. Le chemin de fer est presque toujours en remblai dans le lit du torrent ; les remblais sont perrayés en maçonnerie avec mortier, et les pieds des perrés sont protégés contre les affouillements par des blocs de maçonnerie glissant selon l'inclinaison du perré, et qu'on recharge à mesure qu'ils s'enfoncent. Il a fallu néanmoins se placer tantôt vers une rive, tantôt vers l'autre, bien qu'on eût adopté le rayon de 300 mètres. Les ponts sur le Reno sont donc très-nombreux. En outre, sur certains points, le Reno est tellement resserré entre les coteaux en mouvement qu'il devenait impossible de passer à ciel ouvert. Le tracé s'enfonce alors dans la montagne, allant chercher les couches solides, par des galeries de grande largeur.

Au-dessus de Porreta, le terrain change et devient schisteux. La rampe augmente, et le tracé, où les courbes de 300 mètres se succèdent sans interruption, suit la rive gauche du Reno jusqu'au point où, passant sous le bout de terre de Bologne à Pistoie, il quitte le Reno pour un de ses affluents.

A partir de là, on est en rampe de 25 millimètres sur 6 ou 7 kilomètres, jusqu'à la station de Prachia, point culminant.

Dans ce parcours les tunnels et ponts sur le torrent se succèdent à chaque pas. Il a fallu étudier le terrain avec un soin extrême, tenir compte du sens variable de l'inclinaison des couches, éviter les ravins où les schistes décomposés sont entraînés en avalanches par les neiges. Le chemin de fer est alors un travail d'art continu. De Prachia l'on descend vers Pistoja par une pente continue de 25 millimètres sur 25 kilomètres, avec courbes de 300 mètres de rayon. On rencontre d'abord le tunnel de l'Apennin, de 2,700 mètres de longueur, taillé dans le Macigno, qui a présenté d'énormes difficultés, ces roches étant brisées en tous sens et laissant passer l'eau comme un crible. A la sortie du souterrain, on se trouve en face d'un entonnoir qui descend à Pistoie par une pente excessive. Il a fallu suivre l'un des côtés du ravin, tant qu'on a pu trouver un terrain assez élevé; et, arrivé à l'extrémité du saillant sur la plaine, contourner le dernier mamelon, et revenir sur ses pas vers le fond de l'entonnoir par un souterrain en S. Revenu au fond de l'entonnoir, on reprend la direction de Pistoie par un nouveau souterrain en S.

Dans ces 25 kilomètres, les souterrains et les viaducs sont très-nombreux ; ces derniers s'élèvent jusqu'à 50 mètres, à trois étages. Il y a là une accumulation de travaux qu'on ne rencontre nulle part ailleurs.

L'exploitation se fait avec des machines Beugnot à huit roues.

Le prix de la ligne dépassera 700,000 fr. par kilomètre.

Les travaux ont été dirigés par M. Siben, ingénieur des ponts et chaussées, sous les ordres de M. Protche, ingénieur des ponts et chaussées et ingénieur en chef du réseau de l'Italie centrale, appartenant à la Compagnie des Lombards-Vénitiens.

Chemins anglais. — On trouve de fortes rampes sur quelques chemins en Angleterre aussi bien que sur certains chemins du continent et sur un grand nombre de lignes américaines.

Parmi ces chemins nous citerons deux embranchements du *South-Eastern railway*, celui de Whitstable et celui de Folkestone, le *South-Devon railway*, le chemin de *Manchester à Oldham* et celui de *Gloucester à Birmingham*.

La traction sur ces différents chemins s'est opérée dans l'origine au moyen de machines fixes, mais on a depuis lors remplacé partout les machines fixes par des locomotives.

L'embranchement de Whitstable, à partir de son point de jonction avec la ligne principale, s'élève d'abord sur une longueur de 2,800 mètres avec une pente de 0,020, puis il est à peu près de niveau sur une certaine longueur, descend sur 1,400 mètres de longueur avec une pente de 0,033, se trouve de niveau sur une longueur de 1930 mètres et enfin descend à Whitstable pendant un kilomètre avec une pente de 0,019. Les machines en usage sur ce chemin sont des machines de Bury à quatre roues seulement, couplées, ayant des pistons de $0^m,35$ de diamètre, avec une longueur de course de $0^m,60$, et les roues ayant $1^m,52$ de diamètre. Ces machines remorquent sur la pente de 0,033 quatre wagons de charbon, le poids brut total (machine et tender compris) étant de 50 tonnes.

L'embranchement de Folkestone n'a que 1200 mètres de longueur, sur lesquels l'inclinaison est de 0,033. Les trains sont remorqués par des machines-tender à quatre roues couplées, construites par

M. Crampton. Ces roues ont 1m,32 de diamètre, les pistons 0m40 et 0m60 de course. Le poids de la machine est de 26 ½ tonnes, et la pression par centimètre carré de 9 kilogrammes. Ces machines remontent 14 wagons représentant un poids brut de 100 tonnes, machine comprise.

Sur le *South-Devon railway* il y a des rampes dont l'inclinaison varie de 0,020 à 0,025, avec des courbes en S de 300 mètres de rayon. Les machines, qui remontent sept wagons chargés sur la pente de 0,025 en ligne droite, n'en traînent plus que six dans les parties courbes.

D'après M. Hawshaw, les plus fortes rampes des chemins anglais sur lesquelles on ait eu à satisfaire aux besoins d'une circulation active à des vitesses relativement considérables sont celles de Manchester à Oldenham. Elles sont réparties sur une longueur de 11 kilomètres. L'inclinaison sur une longueur de 2 kilomètres est d'environ 0,020, puis la ligne est à peu près de niveau jusqu'aux approches de Oldham où les rampes ont de 0,025 à 0,036 d'inclinaison.

Sur le chemin de Gloucester à Birmingham on trouve une rampe de 0,027.

Nous ne possédons aucun détail sur le travail des locomotives de ces deux derniers chemins.

Chemin de Baltimore à l'Ohio. — Le chemin de Baltimore à l'Ohio est le premier chemin de fer sur lequel ait circulé aux États-Unis une locomotive dès l'année 1830. On trouve sur ce chemin, au passage des Alleghanys, une rampe continue d'environ 12 kilomètres de longueur, dont l'inclinaison est de 0,022. On s'élève au moyen de cette rampe à une hauteur de 788 mètres au-dessus de la mer; puis, après avoir contourné les cimes des Alleghanys sur une longueur de 32 kilomètres, on descend sur le versant occidental avec une nouvelle pente de 0,022 sur 14 1/2 kilomètres de longueur, puis sur une longueur égale la pente se réduit à 0,020.

Les locomotives remontent les rampes à la vitesse de 24 à 32 kilomètres par heure lorqu'elles remorquent des trains de voyageurs, et de 16 à 24 kilomètres quand ce sont des trains de marchandises Les courbes dans toute l'étendue du trajet sont nombreuses. Elles n'ont généralement que 180 mètres de rayon.

Cette portion du chemin a été livrée à l'exploitation en 1851, trois ans avant le Sömmering. Le trafic sur ces rampes est considérable. Les locomotives employées sur ces rampes sont décrites un peu plus loin. Au passage des rampes on en attelait généralement deux.

Prolongeant ce même chemin de Baltimore à l'Ohio, l'ingénieur, M. Latrobe, ayant à percer deux tunnels et cette opération paraissant devoir exiger beaucoup de temps, imagina d'établir un chemin provisoire par-dessus ces tunnels.

Au-dessus du premier tunnel, dit *Kingswood tunnel*, il fut obligé de donner à la voie une inclinaison qui ne fut pas de moins de 0,10. Au premier abord il paraissait impossible de gravir une pareille rampe, et cependant pendant plusieurs mois elle a été exploitée par les locomotives qui ont transporté tous les matériaux nécessaires à la construction d'une ligne de 64 kilomètres de longueur et par celles qui ont remorqué les malles.

Les machines employées sur ces rampes, aussi bien que sur les rampes moins fortes ou sur les parties faiblement inclinées, ont été décrites par M Zerah Colburn. Il y en avait de deux espèces, celles qui remorquaient les trains portant les matériaux et celles qui traînaient les convois de voyageurs. Les pistons des machines à marchandises avaient $0^m,42$ de diamètre et $0^m,55$ de course. Les roues motrices, au nombre de huit, avaient $1^m,07$ de diamètre. La distance des essieux extrêmes des roues motrices n'était que de $3^m,40$, et on avait supprimé les bourrelets des roues du milieu.

La barre d'attelage du tender à la machine avait $3^m,60$ de longueur et était proportionnellement lourde. Elle était fixée au châssis de la machine à une certaine distance de la boîte à feu, presque au-dessous du centre de gravité, ce qui facilitait le passage des courbes de petit rayon.

Les machines à voyageurs ne différaient des machines à marchandises qu'en ce que le nombre des roues motrices était de six au lieu de huit et que ces roues motrices avaient $1^m,25$ de diamètre.

Une machine à marchandises, sur les rampes de 0,10, ne remorquait qu'un seul wagon pesant 13 tonnes avec sa charge, et comme le tender approvisionné en pesait 12, il s'ensuit que le poids brut

remorqué était de 25 tonnes; le poids de la machine étant de 24 tonnes, les composantes du poids parallèle au plan incliné sur la rampe de 0,10 était de $(24,000 + 25,000)$ kilog $\times 0,10 = 4,900$ kilog. Celle due au frottement dans des courbes de petit rayon est de 6 à 7 kilog. au moins par tonne; disons 6 kilog., elle sera pour 49 tonnes de 294 kilog. qui, ajoutés à 4,900, donnent pour la résistance totale 5,194 kilog. Cette résistance donnant la mesure de l'effort à exercer au pourtour des roues, est égale à environ $\frac{1}{4,75}$ du poids de la machine, produisant l'adhérence, ce qui dépasse sensiblement la limite de $\frac{1}{4}$ admise généralement. Cette adhérence considérable tient sans doute aux projections fréquentes de sable sur les rails et à des circonstances climatériques exceptionnellement favorables.

Ce ne fut plus au moyen d'une rampe continue que l'on passa au-dessus du second tunnel, mais à l'aide de rampes en zigzags ou de courbes de 90 mètres de rayon. La longueur de ces rampes était d'environ 2,800 mètres. On remontait le versant oriental par trois zigzags et descendait par cinq sur le versant occidental. L'inclinaison de la voie variait de 0,06 à 0,07. La traction était opérée par les machines déjà décrites. Chaque machine traînait deux wagons chargés pesant ensemble 25 tonnes, en sorte que la charge totale, tender compris, était de 37 tonnes.

L'exploitation de cette voie en zigzags, dit M. Latrobe dans un de ses rapports, s'est faite parfaitement et sans aucun accident. Une ou deux fois on a remorqué jusqu'à cinquante wagons portant 400 tonnes et deux trains de voyageurs en un jour avec quatre locomotives, chaque voyage, aller et retour, étant de 16 kilomètres.

Les plans inclinés et les voies en zigzags ont disparu lorsque le premier des tunnels a été terminé, mais ils ont été employés de nouveau en 1855 et en 1857 quand il a fallu voûter ces souterrains.

Une fois la possibilité de gravir de fortes rampes avec les locomotives démontrée, on les a multipliés.

Virginia-Central-railway. — Sur le chemin *Virginia-Central-railway* on avait à traverser une chaîne de montagnes connue sous le nom de *Blue-Ridge mountains*, dont la hauteur au-dessus de la mer était de 565 mètres, en un point appelé *Rock-Fish-Gap*.

On avait projeté de percer à cet effet un souterrain; mais comme l'exécution de ce souterrain ne devait pas exiger moins de quatre années, M. Charles Ellet, ingénieur en chef des travaux, se détermina à établir par-dessus, à la surface, une voie inclinée sur laquelle les transports devaient s'opérer au moyen de locomotives pendant tout ce laps de temps. Il repoussa l'emploi de zigzags comme donnant lieu à de trop grands retards et n'offrant pas toute sécurité, et donna la préférence à une ligne plus ou moins sinueuse d'environ 6,900 mètres de longueur. Le chemin de fer, à partir de ses extrémités descendait de l'un et de l'autre côté de la montagne sur plusieurs kilomètres de longueur, avec des inclinaisons variant de 13 à 14 millimètres. L'inclinaison maxima au passage de la cime était de 55 millimètres, et se trouvait sur le dernier kilomètre du versant oriental, le chemin étant en ligne droite ou en courbes de 170 mètres de rayon et au delà. A cette exception près l'inclinaison en ligne droite ou en courbes de mêmes rayons était de $0^{m},052$. La pente minima, sauf une seule exception, était de 0,045 avec courbure de 90 mètres de rayon. En un point seulement le rayon descendait à 70 mètres.

Le tableau suivant indique la longueur totale des portions en courbes de différents rayons, ou en ligne droite.

				kilom.
Longueur des courbes de. . . .		90	mètres de rayon. . . .	1.75
—	—	96	—	0.30
—	—	108	—	0.30
—	—	132	—	0.18
—	—	143	—	0.38
—	—	171	—	0.38
Longueur des courbes dépassant		171	—	1.72
Longueur des parties en ligne droite. . .			. . . .	1 92
		Total égal.	. . . .	6 93

Sur le versant oriental du point de jonction les fortes rampes qui leur font suite, on gravissait une hauteur de 183 mètres en parcourant une longueur de 3 kilomètres 80. L'inclinaison moyenne sur ce parcours était d'environ 49 millimètres. Sur le versant occidental on descendait de 135 mètres en parcourant 3 kilomètres.

L'existence d'une pente de 33 millimètres seulement sur une courte distance réduit la pente moyenne sur la totalité du trajet à 0,045. En outre de ces rampes, au passage de la cime, on fut obligé d'adopter de nouvelles rampes, accompagnées de courbes de petit rayon en quatre autres points pour passer au-dessus d'un second souterrain, et pour traverser certaines parties de la ligne qui n'étaient pas terminées, en sorte que la longueur totale exploitée avec les machines de montagnes était d'environ 12 kilomètres 80. La pente moyenne sur ces 12 kilomètres 80 était de 0,034. La hauteur totale, montée en parcourant la distance totale de l'est à l'ouest était de 270 mètres, et la hauteur dont on descendait de 160 mètres, en sorte que dans le voyage total, allée et retour, on gravissait une hauteur 430 mètres et descendait d'une hauteur égale.

Les machines employées à ce service sont à six roues couplées. Le diamètre de ces roues était de $1^m,03$, l'accotement des essieux extrêmes de $2^m,80$, le diamètre des cylindres de $0^m,41$, la course du piston de $0^m,50$. Le réservoir d'eau est sur la chaudière. Il renferme 27 mètres cubes d'eau, et au-dessus de ce réservoir se trouve un compartiment de même capacité, dans lequel on place une partie du combustible, une autre partie étant logée dans de petites caisses sur le plancher de la machine prolongé. Munie de son approvisionnement d'eau et de coke, la machine pèse 24 $\frac{1}{2}$ tonnes. Le train sur les rampes se compose de trois wagons à huit roues entièrement chargés, ou quatre et cinq wagons seulement partiellement. Le poids brut total remorqué est de 45 $\frac{1}{2}$ tonnes. Le poids du train et de la machine portant ses approvisionnements d'eau et de combustible est ainsi de 70 tonnes. L'adhérence utilisée est, d'après ce calcul, $\frac{1}{4}$ du poids qui la produit.

La descente des rampes n'offrait pas moins de difficultés que l'ascension. Chacun des wagons était muni d'un frein pouvant arrêter au besoin toutes les roues, et sur chaque véhicule était placé un garde-frein auquel il était interdit de quitter son poste pendant tout le temps de voyage. On ne faisait usage de la vapeur à la descente qu'exceptionnellement. Les freins suffisaient pour régler le mouvement. Dans les temps ordinaires on se contentait d'en serrer

deux, mais lorsque le sol était couvert de neige ou de glace, il devenait nécessaire d'avoir recours aux robinets à air des machines et de projeter du sable sur le rail. M. Isaac, ingénieur anglais qui a visité le *Virginia-railway*, pense qu'il vaudrait mieux, même dans les cas ordinaires, faire usage simultanément du robinet à air et des freins que des freins seulement. Deux chaînes de sûreté supplémentaires, d'une grande résistance, sont placées sur chacun des wagons.

La surveillance des fortes rampes du *Virginia-Railroad* était confiée à un employé spécial, choisi parmi les plus soigneux de la ligne. On ne négligeait aucune précaution pour que le service se fît dans les meilleures conditions possibles, autant au point de vue de la sûreté qu'à celui de la régularité. Des contre-rails ont été placés dans les courbes.

La traction s'est opérée sur les rampes que nous venons de décrire pendant quatre années sans le moindre accident et même sans retard sensible, si ce n'est une seule fois lorsque le train s'est trouvé arrêté par un amas de neige sur la cime. Les hivers cependant ont été très-rigoureux et la montagne a été couverte de neige pendant plusieurs mois consécutifs, mais ni la neige ni la glace n'ont empêché le service de se faire.

Le tunnel, commencé en 1855, a été terminé en 1857. Toutefois, en 1858, six mois après, la Compagnie n'ayant pas pu se mettre d'accord pour la réception avec le gouvernement de l'État qui s'en était fait l'entrepreneur, les trains continuaient à circuler sur les rampes.

L'accroissement de résistance au passage des courbes de 90 mètres de rayon était de 25 ½ livres par tonne de train, machine comprise, mais comme, en passant de la ligne droite à la courbe, on ralentissait, on doit admettre qu'à vitesse égale cet accroissement eût été plus grand. Il ne faut pas oublier que les wagons étaient construits dans le système américain. Avec d'autres wagons et d'autres machines la résistance serait différente.

Le chiffre de la surélévation dans les courbes dépassait sensiblement celui auquel on était conduit par le calcul. Ainsi la formule indiquant $0^m,050$, la vitesse étant de 16 kilomètres par heure pour

les courbes de 90 mètres, la surélévation réelle avait été portée à $0^m,23$; pour une vitesse de 12 à 13 kilomètres elle était de $0^m,17$. En outre, pour diminuer le frottement on maintenait une éponge imprégnée d'huile en contact constant avec les bourrelets des roues d'avant, et lubrifiait ainsi non-seulement ces bourrelets, mais encore les faces latérales du champignon du rail.

On a, par ces expédients, diminué non-seulement la résistance à la traction, mais encore l'usure des rails.

La Compagnie du *Virginia-Railroad* a établi des plans inclinés au passage de la montagne sur une longueur de 2 ¼ kilomètres, un plan incliné à 160 kilomètres vers l'ouest. L'inclinaison de ce plan incliné varie de 0,045 à 0,056 et le rayon minimum des courbes est de 120 mètres. On a adopté ce rayon de 120 mètres en partie parce que le terrain n'obligeait pas à le réduire, et en partie afin de permettre le passage des machines qui font le service ordinaire de la ligne, machines qui ne circuleraient que difficilement dans des courbes de moindre rayon. Les machines qui desservent ce plan incliné sont des machines américaines à huit roues avec avant-train mobile, et les quatre roues de derrière seulement accouplées. La partie du poids de ces machines utilisée pour l'adhérence n'est que 16,000 kilogrammes. Elles remorquent une charge de 36 tonnes à la vitesse de 8 kilomètres par heure.

Le trafic ne permettant pas de faire de grands frais pour améliorer les conditions de la traction, il est probable que ce dernier plan incliné sera conservé pendant longtemps encore.

Grand chemin central du Pacifique. — Le chemin Grand-Central-Pacifique, qui doit aboutir à San Francisco, rencontre au passage d'une chaîne de montagnes désignée sous le nom de Sierra Nevada de grandes difficultés d'exécution. Ce qui constitue ces difficultés, ce n'est pas seulement la grande hauteur des faîtes à traverser, mais encore la roideur et le peu d'uniformité des pentes sur le versant occidental. Ce versant est sillonné par un grand nombre de rivières coulant dans des gorges d'une grande profondeur avec des bords très-escarpés que le chemin de fer doit éviter. On est parvenu cependant à déterminer un tracé avec pentes un peu inférieures à celles des fortes rampes des chemins de Balti-

more à l'Ohio et de Valparaiso à Santiago. La descente sur le flanc oriental s'effectue plus facilement et atteint le pied de la montagne après un parcours de 18 kilomètres et demi.

Chemin de fer de Valparaiso à Santiago. — Le chemin de fer de Valparaiso à Santiago (Chili) est un des chemins qui a présenté le plus de difficultés d'exécution et sur lesquels on trouve les plus fortes rampes.

Il réunit le principal port du Chili à la capitale.

Au sortir de Valparaiso le chemin suit au milieu des rochers, sur 5 kilomètres environ, les bords de l'océan Pacifique, au moyen de tranchées profondes, de ponts et de murs de soutènement. Les murs de soutènement souvent fort élevés n'ont pas moins de 3 kilomètres 1/2 d'étendue. Quittant la côte, le chemin remonte le cours de la rivière de Margamaga pendant plusieurs kilomètres, s'élevant ou suivant un ravin profond et sinueux jusqu'au plateau de Quilpue, avec une inclinaison de 2 centimètres sur une longueur de 2 kilomètres 4. Dans cette partie du chemin se trouvent quatre viaducs dont la longueur totale est de 330 mètres, chacun d'eux ayant 21 mètres de hauteur maxima. Au delà de ce passage, désigné sous le nom de *Paso-hondo* (passage profond), les travaux sur 13 kilomètres de longueur n'offrent rien de bien particulier; puis l'on trouve une tranchée ayant 12 mètres de profondeur maxima, traversant un premier faite à 153 mètres au-dessus de la mer. De ce faite, le chemin descend avec une pente de $0^{m},015$ dans la vallée de la Limache, passe la rivière, puis monte de nouveau et traverse une nouvelle chaîne en tunnel de 480 mètres de longueur, pénètre dans la vallée de Quilota, l'une des plus fertiles du Chili. La ligne suit cette vallée sur un parcours de 40 kilomètres, s'élevant le long de la rivière Aconcagua, torrent des Andes, dont la chute vers la mer est de 8 millimètres. Quittant la vallée de l'Aconcagua, elle remonte la vallée où coule une rivière tributaire, le Tabon. C'est dans cette vallée que se trouvent accumulés les plus grands obstacles que l'on ait eu à surmonter.

Le chemin, devant passer du bassin de l'Aconcagua dans ceux du Maipu et du Mapocho, est forcé de franchir un col à 750 mètres

au-dessus du niveau de la mer, et il ne peut atteindre cette hauteur qu'au moyen d'une rampe de 19 kilomètres de longueur, ayant 0^{m},022 d'inclinaison. Sur cette rampe on rencontre trois souterrains, plusieurs remblais de 30 mètres de hauteur, un viaduc de 180 mètres de longueur et 30 mètres de hauteur maxima, plusieurs tranchées profondes dans le roc et d'autres travaux. Sur 10 kilomètres environ, le chemin court le long du flanc de montagnes tellement escarpées qu'en un point la ligne est sur moitié de sa largeur en remblai de 75 mètres de hauteur, et sur l'autre moitié en tranchée de 21 mètres de profondeur, et que sur d'autres il a fallu en plusieurs endroits construire des murs de soutènement. Enfin on voit sur une partie de la ligne s'élever une masse de porphyre à 300 mètres de hauteur.

Une tranchée de 2 kilomètres de longueur et de 12 mètres de profondeur maxima traverse le faîte du Tabon, puis le chemin descend le long de la rivière Lampa dans la vallée du Mapocho. Quelques difficultés d'une certaine importance se sont encore rencontrées dans cette partie du trajet avant d'arriver aux villages Tiltil et Lampa. Enfin le chemin descend assez rapidement sur une courte distance, entre dans la vallée de Santiago, traverse un petit lac sur un demi-kilomètre de longueur, se trouve à peu près en plaine sur 32 kilomètres de longueur et se termine à 520 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le tableau suivant permet de comparer les fortes rampes et courbes de rayon du chemin de Valparaiso aux éléments similaires de plusieurs autres lignes.

	INCLINAISON MAXIMA DE LA RAMPE.	LONGUEUR DE LA RAMPE.	HAUTEUR ATTEINTE AU-DESSUS DE LA MER.	RAYON MINIMUM DES COURBES.
	mètres.	kilom.	mètres.	mètres.
Chemin de Valparaiso. . . .	0,022	19	750	180
De Baltimore à l'Ohio. . . .	0,022	18	780	300
Sömmering	0,021	21	867	187
Bhor-Ghaut (Inde).	0,021	26	608	292
Chemin de Turin à Gênes. .	0,035	9	361	300

Une partie du chemin de Bhor-Ghaut est en zig-zag.

Chemin de Don Pedro II au Brésil. — Le chemin Don Pedro II a pour but de mettre en relation la capitale du Brésil, Rio-Janeiro, avec la riche vallée du Parahiba. Une première section, livrée à l'exploitation, s'étend de Rio-Janeiro jusqu'au pied de la montagne à Belem. Elle a 61 kilomètres de longueur; la pente normale y est de 12 millimètres, le rayon minimum des courbes de 400 mètres. De Belem à la vallée de Parahiba le trajet en pays de montagne est de 46 kilomètres. Pour s'élever jusqu'au faîte, on a été obligé d'admettre une rampe de 2 à 2 1/2 centimètres d'inclinaison. Le faîte sera traversé par un tunnel de 2112 mètres de longueur, avec pente de 13 millimètres. Puis on descendra dans la vallée par une nouvelle rampe de même inclinaison maxima que la première.

Un chemin provisoire sera établi par-dessus le tunnel. Il aura 6 kilomètres de longueur, 55 millimètres d'inclinaison, et les courbes y auront 70 mètres de rayon minimum. Arrivée à la vallée de Parahiba, la ligne se divise en deux branches, l'une qui remonte et l'autre qui descend la vallée. La pente maxima, sur les deux branches ne dépasse pas 5 millimètres, et le rayon minimum des courbes y est de 220 mètres. Les machines à voyageurs qui devront monter les rampes à la vitesse de 32 kilomètres par heure, avec une charge brute de 110 tonnes (18 wagons anglais ou 5 à 6 wagons américains extrêmement chargés), seront des machines dans le système américain à quatre roues couplées seulement.

Quant au service des marchandises, il se fera sur ces mêmes rampes avec des machines du système américain, à huit roues couplées et quatre roues mobiles d'avant-train. Les machines, bien que ne pesant que 29 tonnes, devront traîner, assure-t-on, 400 tonnes sur la rampe de 1 centimètre, 240 sur celle de 2 centimètres, et 70 sur la rampe de 55 millimètres. Cela suppose une adhérence exceptionnelle.

On emploiera aussi, sur les fortes rampes, deux machines à six roues couplées, dont l'une en avant du train et l'autre en arrière.

Tracés dans les pays de hautes montagnes

Nous venons de décrire les tracés de chemins passant dans des pays plus ou moins accidentés, que toutefois l'on ne saurait classer parmi ceux qui renferment de hautes montagnes. Nous allons maintenant jeter un coup d'œil rapide sur les études entreprises pour traverser, à l'aide de voies ferrées, des chaînes très-élevées.

Ces études ont eu pour objet principal la traversée des Alpes de France, de Suisse, ou d'Allemagne en Italie, et la traversée des Alleghanys aux États-Unis.

La seule ligne qui ait été étudiée sérieusement pour le passage de France en Italie est celle du mont Cenis. On ne pouvait songer à s'établir à la surface en suivant le tracé de la route ordinaire ou en adoptant un tracé voisin. On n'avait pas en vue dans la construction de ce chemin le service des voyageurs ou des marchandises seulement. On voulait encore se ménager un moyen de transporter rapidement en tout temps une armée en Italie, et une voie qui aurait été placée sur la montagne n'eût pas été praticable ou ne l'eût été que difficilement une partie de l'hiver. En outre, elle eût nécessité des pentes ou des courbes trop roides pour une circulation rapide. Or, il fallait à tout prix que la voie ferrée fût praticable en toute saison, en tout temps, qu'elle fût directe et pût être parcourue rapidement par les locomotives avec une charge raisonnable. On fut ainsi conduit à passer en tunnel sous le mont Cenis ou plutôt sous une montagne voisine, le mont Fréjus. Ce tunnel avons-nous dit, ne pouvait être attaqué au moyen de puits comme les tunnels ordinaires, et avait une très-grande longueur (12,700 mètres). Des Compagnies financières eussent reculé avec raison devant un pareil travail, mais les gouvernements de nations riches et puissantes comme les nations française et italienne, ne devaient pas s'arrêter devant un pareil obstacle. La dépense devait être énorme, cent millions probablement ou même davantage, mais qu'est-ce que cent millions dans le budget de ces deux peuples mis en balance avec les avantages politiques immenses qu'ils devaient retirer de l'exécution de cette magnifique

entreprise. Le percement exigerait vingt ans; mais si ce laps de temps est considérable dans la vie d'un homme, il est sans importance dans la vie d'un peuple. Nos pères n'ont-ils pas mis des siècles à construire des cathédrales, monuments magnifiques de leur foi profonde?

Nous sommes loin, certainement, de contester l'utilité de ces monuments de la foi de nos aïeux, mais les chemins de fer ont bien aussi leur utilité. Le souterrain du mont Cenis devrait-il donc coûter le double de ce qu'on suppose, soit deux cents millions en argent et quarante années de travail, nous ne craignons pas de dire que l'on a bien fait de l'entreprendre.

Le mont Cenis percé, c'est l'alliance entre la France et l'Italie, bien mieux assurée que par les traités. Il n'y a plus de Pyrénées, disait Louis XIV, qui venait de placer son petit-fils sur le trône d'Espagne. Ce serait avec bien plus de raison que nous dirons : le mont Cenis percé, les Alpes ont cessé d'exister. La paix entre deux grands peuples est bien mieux cimentée par la perfection des voies de communication que par les alliances de famille.

La pente dans le souterrain du mont Cenis est relativement faible (20 à 23 millimètres), mais aux abords elle est plus forte, sans pour cela cependant offrir un obstacle sérieux au service en cas de guerre. Ainsi, elle atteint 35 millimètres du côté de la France et 30 du côté de l'Italie.

De Suisse en Italie on a étudié un grand nombre de passages. L'attention des ingénieurs s'est fixée plus particulièrement sur trois de ces passages, celui du Simplon, celui du Saint-Gothard et celui du Lückmanier. Si l'on se place devant une carte, on reconnaîtra : 1° que le passage du Simplon desservirait dans les meilleures conditions plusieurs cantons de l'Est, les cantons du Valais, de Vaud, de Genève, de Neufchâtel et même de Fribourg, ainsi qu'une grande partie des départements du centre et de l'ouest de la France; 2° que le passage par le Saint-Gothard serait le plus direct pour les cantons de Berne, Soleure, Bâle, Zurich, Lucerne, etc., une partie des départements de l'est de la France et pour quelques provinces de l'Allemagne; 3° enfin que la traversée du Lückmanier serait avantageuse surtout pour les cantons de l'ouest de la Suisse et une partie importante de l'Allemagne.

Exécuter les trois lignes en même temps est chose impossible à cause des frais énormes qu'en nécessiterait la construction. Il est même douteux que l'on en puisse exécuter une seule, mais des trois, laquelle choisir?

Cette question a vivement ému et émeut encore vivement le public en Suisse. Des élections au conseil fédéral ont eu lieu dernièrement, et on ne demandait pas aux candidats quelle était leur opinion politique, mais quel était des trois tracés celui qu'il préférait. Elle est loin d'être résolue.

Ici ce n'est plus l'existence de tout un peuple qui dépend de la construction d'une voie de communication comme pour le mont Cenis. Les intérêts politiques mis en jeu sont relativement minimes. La Suisse n'est pas en état de fournir des subventions considérables, la France, l'Italie et l'Allemagne ne seraient pas disposées à contribuer pour des sommes importantes. On a dû par conséquent étudier des solutions économiques et imparfaites autant que des solutions coûteuses et dispendieuses, des tracés *hauts*, c'est-à-dire passant sur la montagne et des tracés *bas* passant dessous, et des tracés intermédiaires.

Ainsi, pour le Simplon, M. Jacquemin, ingénieur suisse, a proposé un tracé bas avec un souterrain courbe de 12 kilomètres, dont les extrémités se trouveraient au-dessous de la limite des neiges, les déclivités de ce tracé ne dépassant pas 25 millimètres, les rayons de courbes 300 mètres; M. Eugène Flachat, un tracé haut se développant sur les flancs de la montagne avec pentes de 5 centimètres, des courbes de 150 à 200 mètres de rayon; et MM. Piarron de Mondésir et Lehaitre ont publié des études très-complètes d'un tracé intermédiaire avec souterrain courbe de 4,685 mètres seulement, ouvert à 500 mètres environ au-dessus de la limite des neiges, soit 1,732 mètres au-dessus du niveau de la mer, et avec pente maxima de 40 millimètres.

Pour le Saint-Gothard, des études ont été faites avec un soin tout particulier par M. Wetly; mais alors la forme de la montagne ne saurait admettre un tracé haut, en sorte que des deux tracés proposés par M. Wetly, l'un est un tracé bas, avec souterrain culminant de 15,400 mètres de longueur, rampes maxima de 26 milli-

mètres et courbes de 500 mètres et l'autre un tracé intermédiaire.

Pour le Lückmanier enfin, M. Michel, ingénieur français bien connu, a pu rédiger un projet avec tracé haut avec maximum de pentes de 3 cent. seulement et courbes de 275 mètres de rayon.

Les tracés hauts ou intermédiaires, nous l'avons déjà dit, sont imparfaits. Ils ne comportent pas la régularité et la rapidité dans le service que l'on attend d'une voie aussi perfectionnée que le chemin de fer, mais ils sont économiques, et, comme solution *provisoire*, ils peuvent obtenir la préférence. Toutefois nous pensons que, plus tard, la circulation se développant, les tracés bas les remplaceront.

On a proposé de couvrir la voie par des voûtes dans toutes les parties exposées aux avalanches. Si l'on parvient à adosser ces voûtes au flanc de la montagne, comme l'ont indiqué MM. Piarron de Mondésir et Lehaitre, la construction en serait relativement économique; mais si l'on devait les établir en rase campagne sans qu'elles fussent supportées par le terrain d'un côté ou de l'autre, ce serait de véritables ponts avec culées à construire et elles deviendraient excessivement coûteuses.

MM. Piarron de Mondésir et Lehaitre ne gravissent pas la montagne à l'aide de courbes seulement. Ils en opèrent l'ascension aussi au moyen de lignes en zig-zag.

Le passage d'Allemagne en Italie s'effectuera par le Brenner, montagne du Tyrol. Le tracé adopté pour ce passage par M. Etzel, l'auteur de beaux travaux des chemins wurtemburgeois et central-suisse, a été décrit précédemment.

Frais de traction sur de fortes rampes.

Nous avons, dans le premier volume du *Traité élémentaire*, donné le relevé des dépenses que nécessite l'exploitation des rampes d'un centimètre du chemin d'Épernay à Reims, et celle des rampes de trois centimètres et demi du chemin de Turin à Gênes. Depuis que ce volume est imprimé des documents importants ont été publiés sur les frais de traction occasionnés par les rampes de toute inclinaison par des ingénieurs expérimentés. Cette question joue

un rôle si important dans l'étude du tracé des chemins de fer, que nous ne croyons pas pouvoir nous dispenser de reproduire ces documents au moins par voie d'extrait.

Travail des machines d'après M. Bousson. — M. Bousson, ancien directeur du chemin de Rhône-et-Loire (*Annales des ponts et chaussées*), indique le travail de machines mixtes du poids de 32 tonnes, marchant à la vitesse de 35 kilomètres, avec un tender de 17 tonnes, et de machines à six roues couplées du poids de 33 tonnes, marchant à la vitesse de 15 kilomètres, également avec un tender de 17 tonnes.

Il admet que, pour les machines mixtes, la résistance au mouvement, machine et trains, pour des tracés présentant fréquemment des courbes de 500 et même de 300 mètres, est de 0,008 à la vitesse de 35 à 40 kilomètres par heure, et que pour les machines à six roues couplées, ne marchant qu'à une vitesse de 15 à 20 kilomètres, elle est de 0,006. Ces coefficients sont déduits d'observations faites sur des trains descendant par la gravité.

Les charges moyennes ont été établies en supposant une adhérence moyenne de 0,125, les charges maxima qu'on peut remorquer dans les meilleures conditions du rail ou sur des parcours peu étendus et avec de faibles vitesses sont calculées avec le coefficient d'adhérence de 0,15, et les charges minima, lorsque les rails sont glissants, avec celui de 0,10.

Frais de traction d'une tonne de train avec pente et vitesse variées. — Afin d'établir des points de comparaison, M. Bousson suppose que la dépense des machines, y compris un vingtième de renfort, est, par kilomètre parcouru par les trains, pour les machines mixtes, de $0^f,90$, et, pour les machines à six roues couplées, de 1 franc, et il en déduit les prix par tonne de train pour les charges moyennes tels qu'ils sont portés au tableau suivant :

INDICATION des RAMPES	MACHINES MIXTES. Poids 33 tonnes. — Vitesse 35 kilom.				MACHINES A 6 ROUES COUPLÉES Poids 33 tonnes. — Vitesse 15 kilom.			
	CHARGE DES TRAINS.			DÉPENSE PAR TONNE DE TRAIN CHARGE MOYENNE.	CHARGE DES TRAINS			DÉPENSE PAR TONNE DE TRAIN, CHARGE MOYENNE
	MAXIMA ADHÉRENCE 0,15.	MINIMA ADHÉRENCE 0,10.	MOYENNE ADHÉRENCE 0,125.		MAXIMA ADHÉRENCE 0,15	MINIMA ADHÉRENCE 0,10	MOYENNE ADHÉRENCE 0,125.	
mètres.	tonnes	tonnes.	tonnes.	fr.	tonnes.	tonnes	tonnes	fr.
0,000	305	220	295	0,0030	340	500	636	0,0010
0,005	205	120	165	0,0055	430	250	525	0,0031
0,010	154	75	104	0,0086	200	156	208	0,0048
0,015	95	47	71	0,0127	205	107	147	0,0068
0,020	69	30	49	0,0184	150	77	109	0,0092
0,025	51	18	34	0,0265	125	56	83	0,0120
0,030	38	9	24	0,0375	90	42	65	0,0154
0,035	»	»	»	»	81	31	51	0,0196
0,040	»	»	»	»	66	22	40	0,0250
0,045	»	»	»	»	55	15	31	0,0323
0,050	»	»	»	»	46	9	24	0,0417

Conséquences à tirer de ces frais de traction. — « On peut, dit M. Bousson, avec les données précédentes évaluer le rapport du travail employé à la remorque du train à celui développé pour remorquer machine et train. Tandis que sur une rampe de 5 millièmes il est, pour les charges moyennes des trains de marchandises, de 86 pour 100, il n'est plus sur une rampe de 15 millièmes que de 74 pour 100, et enfin sur une rampe de 35 millièmes de 50 pour 100.

« Le prix du kilogrammètre employé à la remonte du train subit des accroissements en sens inverse. Il est de 0f,00000028 pour des rampes de 5 millièmes, de 0f,00000032 pour des rampes de 15 millièmes, et de 0f,00000048 pour des rampes de 35 millièmes.

« L'augmentation des dépenses de traction des trains de voyageurs, par suite des rampes, ne devient réellement importante que lorsqu'il est nécessaire d'avoir recours à des renforts ou à des machines spéciales pour remorquer les trains ordinaires. Or, avec le matériel du chemin de Saint-Étienne à Lyon, il est établi qu'un poids moyen de 60 à 70 tonnes par train suffit pour transporter

des moyennes de 90 à 120 voyageurs, non compris près de 2 tonnes de messagerie.

« L'emploi de machines mixtes ordinaires, sur des rampes de 15 millièmes, serait donc d'après le tableau précédent suffisant pour un trafic ordinaire de voyageurs, et permettrait d'augmenter sur des rampes moindres la vitesse que nous avons supposée de 35 kilomètres seulement, au-dessus de 15 millièmes, en ayant recours à des machines à six roues, on peut satisfaire à un mouvement important de voyageurs, même sur des rampes de 25 à à 35 millièmes.

« Avec une circulation de voyageurs inférieure à celle que nous venons d'indiquer, on aura recours aux trains mixtes traînés par des machines à six roues couplées sur les rampes un peu fortes.

« Pour les trains de marchandises, on peut se rendre compte au moyen du même tableau des réductions de charges ou des machines de renfort qu'imposent diverses rampes, soit continues, soit intercalées dans le parcours d'une même locomotive. Lorsque les fortes rampes n'ont qu'une faible longueur, on peut se rapprocher des charges maxima; mais, sur un plan d'une longueur plus grande, on s'exposerait en imposant aux machines la charge maxima à manquer de vapeur, parce qu'elles seraient incapables de soutenir leur production.

Frais de traction d'une tonne utile. — « Si maintenant on admet une base pour le rapport entre le chargement moyen utile des wagons et leur tare à vide, on peut évaluer le prix relatif de la traction par tonne utile dans l'hypothèse d'un mouvement donné de marchandises à la remonte et à la descente des rampes qui limitent les charges des trains.

« Sur la ligne de Rhône-et-Loire avec le matériel actuel, le poids du chargement utile était en moyenne au moins égal à celui de la tare. Sur la plupart des lignes, qui sont loin d'avoir à transporter une proportion aussi considérable de charbons, de minerais et de fonte, le chargement n'est que d'environ les trois quarts de la tare du véhicule.

« Ainsi, en admettant le cas favorable de l'égalité de la charge moyenne d'un wagon avec son poids vide et du tonnage dans les

deux sens, il faudrait doubler les prix portés au tableau précédent, par tonne de train, pour avoir la dépense correspondante par tonne utile. »

Il en résulterait que, dans cette hypothèse, sur la rampe de 0,005 avec courbes fréquentes de 500 et même de 300 mètres, la dépense par tonne utile transportée à 1 kilom. serait de 0,0062.
Sur la rampe de 0,025. 0,0240
Sur celle de 0,035. 0,0392
Sur celle de 0,050. 0,0834

A cette dépense, il faudrait ajouter les frais d'entretien qui augmentent rapidement avec l'inclinaison du chemin et en raison inverse du tonnage et les frais de la conduite du convoi.

Frais de traction avec chevaux, machines fixes et machines locomotives sur pentes variées. — La traction sur les chemins de Rhône-et-Loire s'étant pendant longtemps opérée au moyen des différents moteurs, chevaux, machines locomotives et machines fixes, M. Bousson a pu réunir les éléments d'une comparaison entre les frais de traction par ces différents modes.

Il trouve que sur des rampes de 0 à 10 millièmes, la traction par chevaux se faisant à des vitesses de 15 à 18 kilomètres par heure, il ne peut y avoir avantage à se servir de chevaux au lieu de locomotives qu'autant que le train porte 18 a 20 voyageurs au plus, celle par locomotive devenait préférable si la charge du train est plus grande.

La vitesse dépassant 18 kilomètres, l'emploi des chevaux devient impossible.

On a employé, aux chemins de Rhône-et-Loire, des chevaux sur de fortes rampes de 30 à 50 millièmes, mais à la vitesse de 8 à 10 kilomètres par heure seulement.

On ne saurait, dans ce cas encore, en faire usage que dans le cas d'une très-faible circulation excluant l'emploi d'un moteur puissant, comme une locomotive ou une machine fixe.

Quant à ce qui est des frais de traction des marchandises, le tableau suivant en fournit le chiffre sur des chemins diversement inclinés.

INDICATION des RAMPES.	DÉPENSE PAR TONNE UTILE ET KILOMÈTRE. (Tonnage égal dans les deux sens.)			
	PAR CHEVAUX Vitesse : 4 kilom.	PAR MACHINES FIXES. Vitesse 15 kilom.	PAR LOCOMOTIVES MIXTES Vitesse 35 kilom.	PAR LOCOMOTIVES à 6 ROUES COUPL. Vitesse 15 kilom.
mètres.	francs	francs.	francs.	francs.
0,000	0,035	»	0,0060	0,0052
0,005	0,045	»	0,0110	0,0062
0,010	0,066	»	0,0172	0,0090
0,015	0,088	»	0,0254	0,0136
0,020	0,1125	»	0,0368	0,0184
0,025	0,137	0,027	0,0530	0,0240
0,030	0,1645	0,0315	0,0750	0,0308
0,035	0,193	0,036	»	0,0392
0,040	0,225	0,0405	»	0,0500
0,045	0,259	0,045	»	0,0646
0,050	0,295	0,0495	»	0,0854

« L'emploi des chevaux, dit M. Bousson, a eu lieu dans des conditions économiques. Malgré cela les frais sont tellement élevés que ce mode de traction ne paraît pouvoir s'appliquer qu'à des embranchements de très-peu d'étendue, lorsque ces derniers sont en communication avec les grandes lignes de chemin de fer et dans le but d'éviter des transbordements. En effet, tous les embranchements de quelques kilomètres aboutissant à la ligne de Rhône-et-Loire, sont depuis bien des années exploitées par des locomotives.

« Il ne peut donc y avoir lieu à examiner les résultats de l'exploitation par chevaux que pour des lignes isolées et à très-faible trafic pouvant employer un matériel léger comme sur les anciennes lignes de Rhône-et-Loire. Il est alors possible de faire quelques réductions sur la tare des véhicules, sur le prix du matériel et de l'établissement de la voie, et en même temps d'abaisser d'une manière importante les dépenses que l'on porte ordinairement à l'entretien de la voie par l'absence de toute surveillance et de gardiennage de la ligne et des passages à niveau. C'est dans ces conditions, et avec un trafic de 8,000 fr. par kilomètre, que la ligne d'Andrezieu à Roanne ne dépensait, de 1841 à 1844, que 800 fr. par kilomètre pour ce service de l'entretien du chemin, mais avec des frais de traction successivement élevés. »

L'emploi des machines fixes ne peut faire question que pour des rampes de $0^m,025$ au moins. On voit d'après ce tableau qu'il ne présente d'économie qu'autant que la pente dépasse $0^m,050$, et encore une partie de cette économie disparaitrait-elle en partie si on tenait compte des frais occasionnés par les manœuvres dispendieuses qui doivent avoir lieu à leurs extrémités et qui ne figurent pas au tableau.

Les machines fixes dans le système funiculaire ordinaire ne se prêtent pas aux trains sinueux. Nous avons vu qu'en Amérique on leur a préféré la locomotive même sur des pentes de 0,10. Il n'y aurait donc lieu d'en faire usage qu'en ayant recours au système Agudio sur des rampes de 8 à 10 centimètres.

Frais de traction par locomotives sur pentes variées d'après M. Desgranges. — M. Desgranges, ingénieur en chef du matériel et de la traction aux chemins sud-autrichiens, dans un rapport inédit à sa Compagnie, compare les frais de traction des locomotives par époques et sur différentes pentes.

Nous les prendrons tels qu'ils sont aujourd'hui, et nous examinerons seulement quelle est l'influence exercée par l'inclinaison de la voie.

Le tableau suivant fournit le chiffre des dépenses de la traction : 1° sur la partie la plus accidentée du réseau, passage du Sömmering; 2° sur une portion médiocrement accidentée et sur la section la moins accidentée, Vénétie et Tyrol.

NATURE des DÉPENSES.	SŒMMERING — MARCHANDISES. — Trains complets, 350 t brutes au maximum	SŒMMERING — VOYAGEURS. — 14 à 15 voitures.	SECTIONS MÉDIOCREMENT ACCIDENTÉES — Voyageurs et marchandises.	VÉNÉTIE et TYROL. — Voyageurs et marchandises
	fr	fr	fr.	fr
Traction.	4,31	2,155	1,258	0,72
Voie	3,26	1,63	0,722	0,613
Mouvement.	0,90	0,90	0,90	0,700
Administration générale	0,25	0,15	0,15	0,255
	8,71	4,025	3,10	2,382

Les machines au passage du Sömmering ne remorquent pas de trains complets. On dédouble le train au pied de la montagne. Si nous avons indiqué ce que serait la dépense pour le train complet en doublant la dépense du dernier train, c'est afin de faciliter la comparaison de cette dépense sur les parties du chemin diversement accidentées.

Les rampes au passage du Sömmering sont très-inclinées, les courbes de très-petit rayon. Nous avons décrit dans le 1er volume *Traité élémentaire*, p. 274, le tracé du chemin sur le Sommering. Nous nous bornerons à rappeler ici que, sur cette section de 42 kilomètres formant seulement la cinquante-cinquième partie du réseau actuellement exploité par la compagnie sud-autrichien ou concédé à cette Compagnie, l'inclinaison variant souvent entre 18 et 19 millièmes atteint, sur un parcours de 4,676 mètres, la limite de 25 millimètres, et que le rayon de courbure qui a généralement 285 mètres descend toutefois à 190 mètres.

Le chemin dans les sections médiocrement accidentées, quoique ne présentant pas les mêmes difficultés d'exploitation que le Sömmering, n'est cependant pas construit dans les conditions ordinaires. Ainsi, la partie de la ligne principale comprise depuis le Sömmering jusqu'à Trieste, est presque constamment en courbes de petit rayon et présente, notamment sur la section du Varst (Laibach à Trieste 150 kilom.), des rampes de 7 à 12 millimètres, tandis que sur les autres les rampes de 5 à 8 millimètres sont fréquentes.

Quant à ce qui est enfin des lignes de la Vénétie et du Tyrol, elles n'offrent aucune des difficultés de rampes et de courbes des autres parties du réseau sud-autrichien.

Dépense par tonne brute à 1 kilomètre. — Calcule-t-on la dépense par tonne brute des trains de marchandises transportées à 1 kilomètre, on trouve

Au passage du Sömmering :

Traction	0,0124
Voie	0,0093
Mouvement	0,0028
Administration générale	0,0004
TOTAL	0,0249

Pour les lignes de la Vénétie et du Tyrol, nous n'avons le relevé des dépenses que pour des trains mixtes; nous ne pouvons donc établir exactement le chiffre des frais par tonne de marchandises à 1 kilomètre. Si toutefois nous admettons que la traction d'un train mixte complet équivaut à peu près à celle d'un train de marchandises complet, c'est-à-dire d'un train dont le poids serait de 550 tonnes brutes, on trouverait pour la dépense par *tonne brute* à 1 kilomètre :

Traction. . .	0,0020
Voie..	0,0017
Mouvement.	0,0023
Administration générale..	0,0007
TOTAL. .	0,0067

Dépense par tonne nette. — Voulût-on établir le chiffre de la dépense par *tonne nette* transportée à 1 kilomètre, il faudrait pour cela savoir le rapport entre le poids du wagon vide et celui de la charge moyenne. Si nous admettons que les poids soient égaux, ce qui est une hypothèse favorable, nous devrions pour obtenir le chiffre des frais de traction de la tonne nette à 1 kilomètre doubler celui des frais de la tonne brute, et alors nous arriverons à établir le tableau suivant.

FRAIS DE TRANSPORT D'UNE TONNE NETTE A 1 KILOMÈTRE, AU SŒMMERING

Traction. . . .	0,0248
Voie..	0,0186
Mouvement..	0,0056
Administration générale..	0,0008
TOTAL.	0,0498

Comparaison entre les chiffres fournis par MM. Bousson, Desgranges et Koller. — Le chiffre de la dépense pour la traction sur les pentes de 0,^{m}025 du Sömmering est le même que celui fourni par M. Bousson; mais remarquons que le tracé du Sömmering est plus sinueux que celui du chemin que M. Bousson a pris pour base de son appréciation. Ainsi, lorsque sur ce dernier le rayon des

courbes est généralement de 500 mètres et descend accidentellement à 300 mètres, sur le Sömmering le rayon des courbes est, avons-nous dit, généralement de 285 mètres et descend à 90 mètres.

Si, au lieu de prendre le chemin de Rhône-et-Loire pour point de comparaison nous prenons celui de Turin à Gênes, nous trouvons, en consultant les chiffres de dépense fournis p. 136, du premier volume de ce *Traité*, que les frais de traction, mouvement et entretien de la voie est par tonne brute à 1 kilomètre de 0,092, et par tonne nette de 0,149, c'est-à-dire que le chiffre pour le transport de la tonne brute est d'environ quatre fois plus élevé sur le chemin de Turin à Gênes que sur le Sömmering, et pour la tonne nette trois fois : ce que ne motive pas suffisamment l'accroissement de pente.

Cette différence considérable entre les données par MM. Bousson et Desgranges et celles qui nous ont été transmises par M. Koller, tient sans doute à l'imperfection des moyens de traction sur les rampes du chemin de Turin à Gênes à l'époque de la visite faite à ce chemin par M. Koller. On se fera une idée de l'influence que peut exercer cette imperfection lorsque l'on saura que, sur le réseau sud-autrichien, les frais de traction par train à 1 kilomètre, qui étaient sur les lignes de Vienne, Trieste, de Hongrie et de Croatie de $3^{f},016$ en 1859, quand le chemin était exploité par l'État, où des machines fort peu satisfaisantes étaient descendues de 2/3 environ en 1863, l'exploitation étant dans les mains d'une Compagnie, alors même que la charge des trains avait augmenté.

Les frais d'entretien de la voie du Sömmering, bien que réduits aussi bien que les frais de traction, sont encore énormes, puisqu'ils atteignent pour l'année le chiffre de 10,719 fr. par kilomètre. « Il y a tout lieu de croire, dit M. Desgranges, qu'ils n'ont pas atteint la limite de leur décroissance. »

FRAIS DE CONSTRUCTION

On parle beaucoup aujourd'hui de *chemin de fer à bon marché*, et on a raison, car on commettrait une grande faute si on construisait les embranchements ou lignes secondaires qui restent à exécuter d'après les mêmes principes que les grandes lignes entreprises il y a quelques années. Nous avons eu déjà l'occasion d'insister sur ce point au chapitre du *Tracé*. Mais, répétons-le, on eût fait une faute plus grande encore si l'on eût établi nos principales voies de communication à vapeur avec la même économie.

Cause de réduction des dépenses sur les nouvelles lignes. — La réduction des dépenses sur les nouvelles lignes proviendra principalement :

De l'économie faite sur le prix d'acquisition des terrains quand, dans quelques cas assez rares, on jugera à propos de ne préparer l'emplacement que d'une seule voie pour certaines lignes d'un avenir très-problématique ;

Du prix peu élevé du terrain dans les pays où l'activité industrielle et commerciale ne s'est pas encore développée,

De l'économie faite sur les travaux de terrassement, les travaux d'art en adoptant de fortes pentes ou des courbes de petit rayon, cette économie ayant nécessairement pour résultat un accroissement dans les frais d'exploitation;

Du peu d'étendue des voies de garage et du petit nombre de changements de voie, plaques tournantes, etc., le chemin ne devant suffire qu'à un faible trafic;

De la réduction du poids ou du volume des éléments de la voie, rails, traverses, etc., dans quelques cas,

De l'économie faite sur les aménagements dans les gares, etc.;

De la faible importance du matériel d'exploitation;

Quelques données numériques mettront en évidence le chiffre de

l'économie faite sur les frais de construction des anciennes lignes.

Prix de revient de lignes d'ordre secondaire (réseau d'Orléans), d'après M. Morandière. — Voici d'abord le prix de revient détaillé de plusieurs lignes d'ordre secondaire appartenant au réseau d'Orléans, d'après M. Morandière.

TABLEAU GÉNÉRAL DE TOUTES LES DÉPENSES FAITES PAR KILOMÈTRE DE CHEMIN CONSTRUIT.

NATURE DES DÉPENSES.	POITIERS à LA ROCHELLE. 144,978 mèt.	TOURS au MANS. 93,851 mèt.	NANTES à SAINT-NAZAIRE. 61,000 mèt.
	fr	fr	fr
Personnel et frais d'études	6,352	4,638	5,464
Acquisitions de terrains.	16,903	21,618	70.050
Terrassements et ouvrages d'art.			
Travaux de terrassement.	59,076	51,330	60,416
Ouvrages d'art.	25,420	37,448	56,923
Ballastage	10,814	5,582	10,017
Établissement des voies.			
Rails	24 039	25,754	26,999
Éclisses boulons d'éclisses, etc.	»	1,813	1,943
Coussinets, chevilles, coins.	5,179	6,302	6,128
Traverses	8,214	6,805	8,233
Sabotage et pose des voies, compris le transport.	4,057	2,987	3,406
Croisements et changements de voie.	1,074	1.018	1,244
Plaques tournantes.	2,525	807	3,910
Divers.	1,074	1,290	4,895
Constructions diverses			
Stations	28,885	9,425	18,503
Maisons de garde, puits, pavage, barrières.	5,625	3,610	5,938
Clôtures.	2,154	1,620	1,008
Guérites, mâts de signaux, télégraphie, poteaux kilométriques et divers.	11,074	1,060	1,375
Constructions relatives à l'alimentation d'eau	744	570	930
Matériel et mobilier			
Mobilier pour les gares.	672	83	188
Grues de chargement, bascules et divers pour les marchandises	543	353	608
Matériel pour l'alimentation d'eau et pour les dépôts.	2,107	1,076	1,741
	209,191	185,202	300,585

Les notes suivantes, jointes aux données que fournit le tableau, permettront d'expliquer les différences qui existent entre les éléments des divers prix de revient.

Chemin de la Rochelle et Rochefort. — Le chemin de la Rochelle et Rochefort a été construit pour deux voies, avec une seule voie posée.

La longueur de ce chemin est d'environ 158,000 mètres. Il a présenté des difficultés d'exécution assez grandes. Le cube des terrassements par mètre linéaire a été de 51^{mc}. Le prix du mètre cube de terrassement de 1 fr. 93 c. Les ouvrages d'art ont été construits en moellons à surfaces parementées. Le plus important est le viaduc de Lusignan, qui a coûté en nombre rond 1,100,000 fr. Le prix des autres viaducs a varié entre 80,000 et 400,000 fr. Le prix du mètre superficiel a varié de 100 à 176 fr. Plusieurs stations ont été d'un prix élevé. Telles sont celle de Rochefort, qui a coûté 1,700,000 fr.; de la Rochelle, 1,600,000 fr.; Niort, 1,100,000 fr., d'Aigrefeuille (station d'embranchement), 1,650,000 fr. La longueur des voies d'évitement a été de 16,000 mètres, de service 24,000. Le nombre d'aiguilles, 124. Le nombre des plaques, 96, dont 4 grandes. Le prix moyen de l'hectare de terrain a été de 5,506 fr., la largeur moyenne de l'emprise, 32^{mm} par mètre.

Chemin de Tours au Mans. — La partie nouvellement construite du chemin de Tours au Mans a 94,000 mètres de longueur. Ce chemin, comme celui de la Rochelle, a été construit pour deux voies, mais on n'en a posé qu'une seule.

Comme ce chemin suit de longues rampes et de longues pentes continues dans des vallées sinueuses et assez accidentées, le profil présente presque partout une succession de déblais et de remblais assez considérables. Il a fallu en outre construire 104 ponceaux et aqueducs pour l'écoulement des eaux, et 45 ponts pour passages par-dessus ou par-dessous le chemin de fer, ce qui représente un ouvrage pour 627 mètres, ou 1,60 par kilomètre.

Le passage des rivières a en outre nécessité trois grands ponts, dont le plus grand, sur la Loire, a coûté au delà de 1,500,000 fr., et les deux autres seulement 100,000 et 21,000 fr.

Le cube des terrassements a été par mètre courant de 37^{mc},54; le prix de revient de 1 fr. 37 c. par mètre cube.

Parmi les stations, la plus chère, celle de Château-du-Loir, a coûté que 207,000 fr. Les autres ont coûté beaucoup moins.

La longueur des voies d'évitement est de 8,700 mètres, et celle des voies de garage 6,400; le nombre d'aiguilles 51, de plaques 16, dont une grande.

Le prix moyen de l'hectare de terrain a été de 6,532 fr., la largeur moyenne de l'emprise, 35^{mm},14.

Chemin de Saint-Nazaire. — Le chemin de Saint-Nazaire, construit comme les précédents pour deux voies avec une seule voie posée, s'est trouvé dans des conditions d'exécution très-défavorables.

La sortie de Nantes a présenté de sérieuses difficultés, parce que pour éviter de tomber dans la Loire, il a fallu trancher le rocher granitique de Sainte-Anne sur une hauteur de 20 mètres, démolir cinquante-deux vieilles maisons qui formaient le quartier le plus malsain, mais l'un des plus habités de Nantes, et rétablir les nombreuses communications coupées par les voies.

Depuis la gare des Mauves jusqu'au Salarges, le chemin de fer court sur les quais de Nantes entre deux clôtures légères en fer, coupées de très-nombreux passages à niveau; mais au delà des Salarges, origine réelle du chemin de Saint-Nazaire, les voies rentrent dans leur état normal, et tous les sacrifices nécessaires ont été faits pour les rendre aussi sûres que possible.

Dans toutes les parties où le chemin est situé dans le val de la Loire, il a été établi à 2 mètres au-dessus des plus hautes crues, sur un remblai qu'il a fallu défendre contre les eaux par un perré du côté du fleuve, et par des gazonnages de l'autre côté; lorsque le chemin s'écarte de la Loire, il coupe aussitôt les nombreuses ravines qui descendent du sillon de Bretagne, et le profil en long présente une succession non interrompue de déblais et de remblais qui ont exigé des dépenses d'autant plus considérables, qu'une grande partie des tranchées sont ouvertes dans le schiste et dans le granit.

Toute la station de Saint-Nazaire est également dans une large

tranchée en granit descendue au niveau des quais du bassin à flot, et malheureusement ces quais ont été abaissés à $0^m,50$ en contre-haut des marées de vives eaux, et une décision ministérielle a rejeté les offres que la Compagnie avait faites pour obtenir le relèvement des quais d'au moins $0^m,80$, afin de rendre plus faciles le chargement et le déchargement des navires.

Il résulte de ces diverses circonstances que les dépenses de construction du chemin de Saint-Nazaire sont assez élevées, non-seulement pour la sortie de Nantes et pour la gare de Saint-Nazaire, mais également pour tout le chemin, à cause de sa position exceptionnelle dans le val submersible du fleuve, ou sur le flanc de coteaux mamelonnés très-accidentés.

Les plus petites courbes n'ont pas moins de 2,000 mètres de rayon; les pentes et les rampes sont très-douces et ne dépassent pas $0^m,004$, encore sur de très-petites longueurs; ces conditions, que facilitait la conformation du sol, doivent d'ailleurs singulièrement favoriser les grands transports de marchandises auxquels ce chemin est destiné.

Les nombreux ruisseaux et canaux ou étiers qui sillonnent le pays ont nécessité un grand nombre de petits ouvrages, parmi lesquels le plus considérable est le pont de Meaux, composé de trois arches avec travées en tôle, ayant ensemble une ouverture de 33 mètres; mais il n'y a eu à construire aucun grand ouvrage d'art.

Le cube des terrassements a été de 30 mètres, le prix du mètre cube de terrassement a été de 2 fr. 28 c. Le seul ouvrage d'art de quelque importance est un pont qui a coûté 164,000 fr.

Parmi les stations, celle de Saint-Nazaire a coûté 1,500,000 fr., celle de Savenay 950,000 fr. La longueur des voies d'évitement est de 400 mètres, des voies de garage 12,250. Le nombre d'aiguilles est de 61, de plaques, 60, dont 2 grandes.

Le prix moyen de l'hectare a atteint 18,000 fr. La largeur moyenne de l'emprise a été de $35^m,60$.

La recette kilométrique des trois lignes que nous venons de faire connaître donnera une idée de leur importance comme trafic.

La recette kilométrique a été, en 1861, sur le chemin de la Ro-

chelle, de 15,000 fr.; de Tours au Mans, de 12,000 fr.; de Saint-Nazaire, de 15,000 fr. environ. Depuis cette époque, leur rendement n'a pas augmenté d'un cinquième.

Chemins vicinaux d'Alsace. — On a désigné sous le nom de *chemins de fer vicinaux* d'Alsace, des chemins de fer construits sous le rapport technique, absolument comme les embranchements ordinaires, mais établis non-seulement au frais de l'État et de la compagnie de l'Est, mais encore au moyen de subventions en argent ou en terrains fournis par les départements et les communes traversées.

La dépense s'est partagée de la manière suivante entre le département, les communes, l'État et la Compagnie.

NOMS DES CHEMINS.	DIVISION DES DÉPENSES.			DÉPENSES TOTALES
	DÉPARTEMENTS, COMMUNES ET PARTICULIERS	ÉTAT	COMPAGNIE.	
	fr	fr.	fr	fr
Chemin de Sainte-Marie aux Mines (20 kilom.)	810,979	850,000	956,000	2,616,979
Chemin de Strasbourg à Barr, Mutrig et Vasselonne (49 kil.).	2,499,000	600,000	2,921,000	6,020,000
Chemin de Niederbronn à Haguenau (20 kilom.)..	680,000	240,000	1,000,000	1,920,000

On voit que sur ces différentes lignes la plus grande partie de la dépense est incombée à la compagnie de l'Est. Elle a pu la supporter parce que l'État lui a garanti un intérêt de 4,655 francs, et que sur ces embranchements le trafic est relativement assez élevé, mais il est douteux qu'une part dans la construction de chemins de même nature, dans d'autres départements moins peuplés ou moins industriels, fût acceptée par les grandes Compagnies.

La répartition de la dépense a eu lieu de la manière suivante.

NATURE DES DÉPENSES.	CHEMIN de SAINTE-MARIE AUX MINES. A 1 voie	CHEMIN de BARR. A 1 voie.	CHEMIN de NIEDERBRONN. A 1 voie.
	fr	fr	fr
Acquisitions de terrains.	21,000	18,470	8,750
Terrassements et ballast. . . .	20,040	19,800	11,000
Ouvrages d'art . . .	6,800	5,030	3,750
Voies de fer et accessoires, télégraphe compris.	27,750	30,100	25,500
Bâtiments des stations, halles, remises, maisons de gardes.	13,400	14 300	8,000
Modifications des gares de raccordement.	950	»	1,000
Clôtures et barrières. . .	2,200	1 850	1 700
Personnel et frais généraux. . . .	4,960	7,370	8,700
Intérêts pendant la construction. . . .	2,300	2,040	2 000
Matériel roulant. . .	25,000	25,000	25,000
TOTAL	125,000	122 840	96,000

Ces chemins n'étant livrés à la circulation que depuis très-peu de temps, on ne saurait dire quel sera le trafic.

On supposait que l'intervention du département et des communes faciliterait beaucoup l'acquisition des terrains. Sans vouloir prétendre qu'elle n'y a pas contribué, nous remarquerons toutefois que la dépense kilométrique sur les chemins de Sainte-Marie et de Bar est à peu près la même que sur ceux de la Rochelle et de Tours au Mans, construits par la compagnie d'Orléans.

Ces trois lignes ayant été établies avec de fortes rampes et des courbes de petit rayon, on a pu éviter les grands travaux de terrassement et de maçonnerie. Les aménagements des gares, bâtiments, etc., ont pu être réduits à leur plus simple expression.

Les frais d'établissement des voies en fer sont faibles, non qu'on ait employé des rails plus légers que la ligne principale, mais à cause de la très-faible longueur des voies de garage, du petit nombre de changements de voie, plaques tournantes, etc.

Chemins écossais. — Certains chemins en Écosse ont été construits dans la prévision d'un trafic plus faible encore que celui des chemins alsaciens. Le tableau suivant, emprunté à un mémoire de M. Bergeron, en indique le prix de revient et donne le chiffre du trafic.

NOMS DES EMBRANCHEMENTS.	LONGUEUR	CAPITAL DÉPENSÉ À LA CONSTRUCTION PAR KILOMÈTRE.	PRODUIT ANNUEL KILOMÉTRIQUE DES VOYAGEURS.	PRODUIT KILOMÉTRIQUE DES MARCHANDISES ET BESTIAUX	TOTAL DES RECETTES PAR KILOMÈTRE
	kilom.	fr.	fr.	fr	fr
Banff, Portsoy et Strashisla 6 stations	30.0	65,700	2,767	1,815	4.582
Crieff-Junction (4 stations). . . .	14 4	73,442	3,312	6,122	9,435
Deeside (9 stations)	25 6	145,000 avec matér	8,672	6,000	14,672
Dunblane, Donne et Callander (4 stations.	16 0	98,400	4,613	3,347	8,060
Fife et Kinross (7 stations) .	25.6	69,095	1,867	1,755	3 620
Inverness-Nairn et Aberdeen-Junction (10 stations . .	88.0	176,388 avec matér	7,979	4,163	12,142
Leven (2 stations) } Fusionnées depuis moins d'une année.	9 6	84,545	6,539	7,508	14,047
East-of-Fife (3 st.) } Fusionnées depuis moins d'une année. . .	11.2	70,535 avec matér.	3,473	3,033	6,506
Morayshire (ayant deux lignes distinctes et 4 stations).	17 0	100,000 avec matér	3,554	3,961	7,515
Peebles (7 stations).	30.0	106,455 avec matér.	4,725	5,302	10,027
Saint-Andrew (2 stations . .	8 0	82,200	6,450	4,797	11,247
	22.4	91 437	4,450	4,345	8,795

On remarque, à l'inspection de ce tableau, que les chemins écossais n'ont pas coûté moins cher que les chemins alsaciens, et que même pour deux d'entre eux les frais d'établissement ont été sensiblement plus élevés.

Les conditions d'établissement de ces chemins du dernier ordre sont résumées dans les notes qui suivent, empruntées à un rapport de M. Lan.

Organisation des Compagnies. — Mode d'acquisition des terrains. — Ces chemins sont construits ou exploités (souvent les deux à la fois) par des Compagnies indépendantes. Le plus souvent ces Compagnies s'organisent dans les localités mêmes qui désirent l'établissement du chemin de fer. Il en résulte que les acquisitions de terrains, et même certaines autres dépenses de la construction, reviennent moins cher que si elles étaient faites pour le compte de grandes Compagnies, auxquelles le public propriétaire suppose toujours une prospérité excessive. Les acquisitions de terrains, en particulier, déjà facilitées par la présence parmi les intéressés de

propriétaires locaux, le sont encore, en Écosse comme sur nombre de points du Royaume-Uni, par le peu de division de la propriété. Le jury fonctionne rarement, les acquisitions se faisant à l'amiable ou par arbitrage.

La constitution des Compagnies dans ces localités mêmes laisse la véritable direction des entreprises à des personnes résidant le long des embranchements, et qui non-seulement dirigent réellement et efficacement, mais encore sont à l'affût de toutes les occasions pouvant accroître l'importance du trafic. Il en résulte, en un mot, une exploitation économique en même temps qu'un accroissement continu du tonnage.

Limites de trafic pour lesquelles on construit simple ou double voie. — Lorsque les chances d'accroissement de trafic sont limitées, on n'acquiert les terrains que pour une seule voie, sauf pour quelques stations principales. En même temps on s'éloigne autant que possible des petites ou des grandes villes, et même des villages un peu considérables, pour éviter des frais d'expropriation trop élevés.

Lorsque, au contraire, les chances d'accroissement du trafic paraissent suffisantes, on acquiert pour la double voie immédiatement.

Pour donner une idée des limites adoptées à cet égard, nous dirons que les constructeurs spéciaux des lignes à bon marché de l'Écosse admettent qu'une simple ligne peut suffire à un trafic de 20 à 30,000 fr. de recette brute par kilomètre. Et même, dans certaines circonstances, avec des pentes modérées, avec usage du télégraphe électrique dans le service de l'exploitation, ils pensent qu'on pourrait encore se servir de lignes simples jusqu'à 40 et 50,000 fr. par kilomètre. Il est bon d'observer que les tarifs anglais pour voyageurs et pour marchandises sont généralement de 15 à 20 pour 100 plus élevés que les nôtres.

Recettes kilométriques des chemins à simple voie d'Écosse. — Les lignes à simple voie établies sur plusieurs points de l'Écosse sont loin d'atteindre ces chiffres de recettes brutes; parmi les chemins que nous citerons comme couvrant les intérêts des capitaux à des taux de 3 à 6 pour 100 par an, il n'en est pas dont les re-

cettes sortent des limites de 10 à 15,000 fr. par kilomètre.

Conditions générales du tracé. — Quant au tracé, dans de pareilles limites de trafic, il est étudié de façon à réduire les dépenses de construction autant et aussi loin que le permet la traction par locomotives. Le coût de la traction variant, en Angleterre, de 20 à 30 pour 100 de la dépense totale de l'exploitation, on ne craint pas d'augmenter un peu ce chapitre des dépenses par des pentes rapides et nombreuses.

Pentes. — Absence de tunnels. — On trouve, en effet, sur quelques-uns de ces petits chemins, des pentes fréquentes de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{60}$ (16 à 20 millimètres); le plus grand nombre est cependant compris entre $\frac{1}{60}$ et $\frac{1}{100}$ (10 à 15 millimètres). La plus forte qu'on nous ait citée, et sur laquelle d'ailleurs nous avons circulé, est sur le chemin d'Édimbourg à Peebles : elle a $\frac{1}{52,17}$ ou 18 à 19 millimètres sur 4,827 mètres de long, sans aucun palier ou partie de moindre inclinaison[1]; ailleurs 12 mètres 1/2, sur une longueur de 11 kilomètres 20, divisée par un palier de 200 mètres de $0^{m},004$. On ne nous a cité aucune de ces lignes économiques où il y ait le plus petit tunnel. Sur l'embranchement de Peebles on est même parvenu à passer une ligne de faite, sans tranchées importantes, par la seule combinaison des pentes et des courbes.

Rayon des courbes. — Celles-ci y sont en effet nombreuses, mais sans avoir rien d'excessif; 400 mètres au minimum. Au contraire, sur d'autres petites lignes on observe les chiffres suivants :

1° 260 mètres sur la ligne; 100 mètres aux stations (chemin de Leven);

2° 540 à 720 mètres sur la ligne; 390 à 400 mètres près des villes; 80 mètres aux stations (chemin de Banff);

3° 594 mètres minimum de rayon sur la ligne; 100 mètres aux stations (chemin de Port-Patrick).

[1] Nous ne parlons ici que des pentes sur la ligne même; mais quand la différence de hauteur des points extrêmes conduit à de trop fortes rampes sur certaines parties de la ligne, ou bien encore dans l'intention de diminuer le développement du chemin près d'une ville située à l'extrémité, ou enfin de réduire les frais de terrassement, on a terminé certains chemins par 1 ou 2 kilomètres à 33 millimètres de rampe (chemin de Banff à Portsoy). C'est quelque chose de semblable à ce qu'on voit à Folkestone; du port, à l'aide d'une machine de renfort, on monte les éléments des trains jusque sur la ligne, où on les compose.

Les constructeurs écossais estiment qu'on pourrait descendre à 180 mètres de rayon sur la ligne et à 1/80 de pente ($0^m,0125$), comme on l'a fait dans le Durham (Angleterre), à condition d'employer des machines à avant-train articulé.

Locomotives employées. — Leur vitesse. — Dans les courbes 1°, 2° et 3° on fait circuler des locomotives soit ordinaire de 20 à 25 tonneaux, soit des machines-tenders de 18 à 20 tonneaux. On ne craint pas des vitesses de 25 à 30 kilomètres avec de pareilles courbes se succédant en sens inverse d'une façon souvent presque continue.

Réduction du volume des terrassements, du nombre et de l'importance des travaux d'art. — C'est dans ces conditions générales qu'ont été tracés les divers chemins de fer dont nous rapporterons plus loin les prix de revient détaillés. On est parvenu, par ces moyens, à réduire à la fois le volume des terrassements, le nombre et l'importance des travaux d'art, de même qu'on a supprimé les tunnels.

Influence des conditions topographiques. — Observons toutefois, à cet égard, que les conditions topographiques ont facilité, dans une certaine mesure, l'exécution de ces tracés économiques. La plupart de ces embranchements ont pour but, non de courir par monts et par vaux, mais d'atteindre des plateaux et d'en relier les extrémités, ou bien de remonter simplement des vallées, dont on sent autant que possible les contours. Dans ces conditions premières, les constructeurs écossais, tout en observant les règles de la solidité et de la sécurité, n'ont fait souvent que *lécher le sol*, s'appliquant avec un soin infini à eviter tous les ouvrages dispendieux, se préoccupant de l'économie toujours, de la beauté des ouvrages jamais

Influence de la grande propriété. — D'un autre côté, c'est surtout au sujet des ouvrages d'art, ponts par-dessus ou par-dessous, passages à niveau et barrières, qu'apparaît l'influence, sur le coût de la construction, de la grande propriété et de la participation des principaux propriétaires aux entreprises de chemin de fer. Les constructeurs obtiennent aisément, en ce cas, des arrangements qu'on refuse souvent aux Compagnies étrangères à la localité.

Ouvrages d'art pour simple voie. — Sauf les ponts par-dessus, tous les ouvrages d'art sont faits pour la simple voie, que les terrains aient été ou non acquis en vue d'une double voie future.

Sur certains de ces petits chemins (*Peebles* et *Leven*), par exemple, les ponts par-dessous ont des piliers en maçonnerie et des tabliers en bois : sur d'autres, on préfère la construction immédiate en maçonnerie, mais toujours fort simple ; enfin, pour les ouvrages plus considérables (chemin de *Port-Patrick*, le plus coûteux de tous ceux qu'on nous a cités, celui aussi qui a le plus grand nombre d'ouvrages d'art importants : viaducs, ponts sur rivière, etc.), on emploie simultanément la pierre, la fonte et le fer.

Simplicité des bâtiments et des stations en particulier. — Les stations et bâtiments divers sont construits avec une extrême simplicité.

Toutes les stations intermédiaires ou secondaires sont construites en bois à un ou deux compartiments à rez-de-chaussée seulement ; celles à deux compartiments ont, par exemple, 9 mètres sur 3m,50 de section horizontale. Les stations extrêmes sont, au contraire, en pierre, mais de maçonnerie simple et peu épaisse ; elles ont des dimensions variables, suivant l'importance de la ville desservie ; exemple : pour une ville de 2,000 à 2,500 âmes, station à quatre compartiments, avec un seul quai et deux voies ; longueur 30 mètres, largeur 12 à 15 mètres. Les trottoirs sont rares, encore plus les marquises.

Toutes ces stations, rappelons-le, sont assez éloignées des villages ou villes, par la raison que nous avons déjà donnée plus haut.

Pas de logement aux stations ni aux barrières. — Comme il n'y a pas de service de nuit sur ces chemins, les chefs de station n'ont généralement pas de logement dans les gares, encore moins aux quelques barrières gardées.

Longueur des garages ou croisements. — On réduit au minimum la longueur de double voie aux stations. Sur un grand nombre de ces chemins, les trains vont successivement dans les deux sens, et il n'y a pas de double voie de croisement, de simples voies de garage, ou plutôt de remisage des wagons à marchandises, sont alors

établies aux diverses stations. La longueur de ces voies accessoires varie entre 150 et 400 mètres, rarement 500 mètres, comprenant les aiguilles et les croisements.

Dépôt de machines et autres accessoires. — Les gares d'extrémités ont des dépôts de machines et quelques ateliers de minimes réparations, le tout fort peu étendu, parce que le nombre des locomotives dépasse rarement trois ou quatre pour les chemins de 20 à 30 kilomètres à si faible trafic. Pour toutes les réparations importantes, ces petites Compagnies envoient leur matériel aux ateliers de construction les plus voisins.

Clôtures. — Sur tous ces chemins, il y a des clôtures, en lattes de bois le plus souvent, mais sans haies vives. Elles coûtent cependant fort cher, en Écosse comme en Angleterre. En vue d'économiser encore à cet égard, on a appliqué le procédé suivant sur quelques embranchements d'Irlande. Les terres provenant du creusement des fossés sont simplement rejetées sur les limites de la voie et disposées de façon à y faire une sorte de petit mur en terre, qui fait clôture.

Voie proprement dite. — Prix des rails, coussinets, etc., etc. — Pour l'établissement de la voie de fer, on se sert uniformément de coussinets en fonte et de rails à simple champignon. Chaque coussinet pèse 10 à 11 kilogrammes, et le mètre courant de rails 31 à 34 kilogrammes. Quant aux autres éléments de la voie, tels que traverses, coins, chevillettes, ballasts, etc., nous renvoyons pour leurs dimensions aux monographies détaillées ; quant aux prix des divers matériaux employés, pierres, briques, bois comme fer et fonte, et prix de la main-d'œuvre, on y verra que plusieurs de ces chemins écossais n'étaient pas dans des conditions aussi favorables qu'on pourrait le supposer. Pour la main-d'œuvre, en particulier, elle est au moins aussi élevée que chez nous. Le prix des rails a varié de 15 à 24 francs les 100 kilogrammes ; celui des coussinets, de 10 à 12 francs.

Prix de revient du kilomètre de ligne. — Pour ces conditions générales, le revient du kilomètre oscillerait entre 70 et 125,000 fr., non compris le matériel.

PRIX DE REVIENT DU KILOMÈTRE DE CONSTRUCTION DE QUELQUES CHEMINS ÉCOSSAIS

NATURE DES DÉPENSES.	BANFF, PORTSOY ET STRATHISLA 30 kilom.	CASTLE-DOUGLAS A PORT-PATRICK, 65 kilom.	ABERDEEN ET TURRIFF 30 kilom.	ALFORD-VALLEY. 26.4 kilom.	LEVEN 9,6 kilom.	PEEBLES. 30 kilom.	E. GEY A LOSSIEMOUTH MORAYSHIRE 9 4 kilom.
	fr	fr	fr	fr	fr.	fr.	fr
Dépenses préliminaires. Parlement	6,100	3,438	3,167	6,292	3,056	2,204	15,489
Frais d'études et projets	2,500	3,125	2,126	2,127	2,042	2,000	2,265
Acquisitions de terrains et indemnités	6,250	12,500	11,700	3,240	18,850	17,684	6,595
Terrassements et ballast	10 625	32,125	105,700 (a)	79,850 (b)	45,988 (c)	54,455 (f)	58,695 (i)
Travaux d'art	7,340	28,125	»	»	»	»	»
Clôtures	2,750	4,063	»	»	»	»	»
Déviations, passages à niveau	2,815	4,688	»	»	»	729	»
Voies de fer	21,378	22,746	»	»	»	»	»
Stations	8,000	11,000	»	»	11,207 (d)	6,081 (g)	»
Matériel roulant	»	»	»	»	21,065 (e)	17,158 (h)	15,479
Contentieux	»	»	491	299	»	»	»
Outillage et ateliers	»	»	»	»	»	215	»
Mobilier, télégraphe	»	»	440	165	»	955	»
Personnel et administrateurs	»	»	1,012	485	»	»	»
Droits féodaux	»	»	»	»	»	»	»
Intérêts, commission de banque	»	»	1,885	2,581	»	453	4,057
Frais généraux	»	»	218	179	»	1,186	421
Dépenses diverses	1,050	3,100	143	66	5,345	450	3,778
	70,312	125,000	126,585	94 481	105,000	104,506	105 357

OBSERVATIONS. — *a* Cette somme est inscrite sous la rubrique : Construction. Elle comprend donc toutes les dépenses de construction. — *b* Même observation — *c* Construction de la ligne terrassements, travaux d'art et voie. — *d*. Stations et voies de garage. — *e*. Voitures, machines locomotives et wagons — *f* Terrassements, travaux d'art, fourniture et pose de la voie et de ses accessoires — *g* Stations, remises et ateliers — *h*. Locomotives et tenders, voitures à voyageurs et wagons. — *i* Travaux et stations, c'est-à-dire terrassements, travaux, voies, stations, etc. — 1. Pays facile, construction économique. — 2. Tracé difficile, accidenté, grandes rivières à traverser Dépense , limite supérieure des chemins du même genre construits dernièrement en Écosse.

TERRASSEMENTS ET TRAVAUX D'ART

Percement d'une tranchée au moyen de puits. — Nous avons, page 412 du Ier volume, fait mention d'un procédé employé pour ouvrir une tranchée, au moyen d'un souterrain et de puits auxiliaires.

Ce procédé a été appliqué dans de grands travaux de terrassement exécutés pour le percement d'une rue aux buttes Saint-Chaumont, aux portes de Paris.

Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de donner quelques détails sur cette opération.

La tranchée à ouvrir au travers des buttes, n'ayant pas moins de 20 mètres de profondeur, l'entrepreneur a commencé par ouvrir dans la butte un passage souterrain, occupant l'axe de la rue projetée, et ayant sa plate-forme inférieure à 2^m environ, en contrebaut du niveau de cette rue. Cette galerie, placée dans la marne supérieure au gypse, est soutenue par des cadres, espacés en moyenne de $0^m,90$ l'un de l'autre par une enveloppe de platsbords jointifs. Les cadres ont la forme de trapèzes. Leur largeur est de 3 mètres à la base supérieure, et de $3^m,20$ à la base inférieure, la hauteur est de $2^m,50$. La largeur totale du souterrain est de 220 mètres.

La galerie achevée a été pourvue d'une voie ferrée sur laquelle on a placé 25 wagons, cubant chacun $3^m,40$. Pour charger les wagons, on emploie les puits qui ont servi à la construction du souterrain. Ils sont successivement élargis, de manière à former de vastes entonnoirs, dont l'inclinaison est celle du talus naturel des terres. Les ouvriers se tiennent sans peine sur la pente, et les terres piochées par eux glissent jusqu'à la bouche inférieure de l'entonnoir, sous laquelle les wagons sont successivement placés.

Chaque wagon plein est poussé vers la tête du chantier, et le convoi de 25 wagons, étant complet, est emporté par une locomotive, puis de nouveaux wagons sont rangés à l'extrémité du souterrain, pour recommencer le travail. Le déblai par entonnoir terminé, il s'est produit une tranchée que l'on élargit par les moyens ordinaires.

Avec l'organisation qui vient d'être décrite, on a pu enlever 950 mètres cubes à peu près de déblai par jour.

L'économie, au point de vue de la dépense en argent, résulte surtout de ce que les ouvriers placés sur les talus des entonnoirs font à la fois fonctions de piocheurs et de pelleurs. Il résulte d'expériences faites que le prix moyen du mètre cube de terre, fouillé et chargé par les entonnoirs, est de 0 fr. 29 cent., tandis qu'il s'élève à 0 fr. 44 cent. dans les tranchées. La différence, qui est de 0 fr. 15 cent. s'appliquant à 60,000 mètres cubes environ, produit une économie de 9,000 francs. La construction du souterrain a coûté environ 7,000 francs. L'entrepreneur a donc fait un bénéfice de 2,000 francs, en outre du profit plus important qu'il réalise sur le temps pendant lequel son matériel est employé. Il estime, en effet, que, dans les conditions où il se trouve aux buttes Saint-Chaumont, il lui eût été impossible de déblayer plus de 500 mètres par jour au moyen des procédés habituels, en sorte que la durée du travail eût été doublée.

Consolidations en Espagne. — Nous avons déjà eu occasion de parler, dans cet ouvrage et dans le *Nouveau Portefeuille de l'Ingénieur*[1], des remarquables travaux d'assainissement et de consolidation exécutés par M. Bruère. La campagne qu'il vient de faire en Espagne sur la ligne de Barcelone à Tarragone lui a fourni l'occasion de soutenir hautement la réputation du nom français.

Deux tranchées ont surtout présenté des difficultés et des dangers sans nombre. Neuf éboulements plus ou moins considérables avaient eu lieu, un entre autres dans la tranchée de la Grenada a été tellement volumineux (50,000 mètres cubes environ), qu'il a dans son mouvement emporté la moitié d'un tunnel de 62 mètres de longueur, et comblé la tranchée qui en cet endroit a

[1] Voir l'ouvrage de M. Bruère : TRAITÉ SUR LA CONSOLIDATION DES TALUS

22 mètres de profondeur sur une longueur de 50 mètres environ, et recouvert la voie de 2 mètres de terres éboulées sur 40 mètres environ.

Les entrepreneurs du chemin s'étant rendus compte de ce désastre, nous firent l'honneur de nous consulter et de nous demander un ingénieur qui voulût bien aller passer quelque temps en Espagne pour reprendre ces travaux.

Nous indiquâmes M. Bruère, dont nous avions pu, de longue date, apprécier les connaissances et l'activité. Nous avons été fort heureux d'apprendre que M. Bruère a parfaitement réussi, et qu'il a pu, dans l'espace de soixante-dix jours de travail effectif, refaire la tranchée et éviter la construction d'un nouveau tunnel de 500 mètres environ de longueur, que les ingénieurs de l'État et de la Compagnie voulaient imposer à l'entrepreneur; tunnel qui aurait demandé au moins deux années de construction, et qui n'aurait pu s'exécuter qu'au prix de sacrifices énormes et de difficultés sans nombre au travers de cette masse toujours prête à se mettre en mouvement.

Arrivé en Espagne, M. Bruère, après avoir visité les lieux, reconnut que toute la masse éboulée avait 90 mètres de longueur, une hauteur moyenne de 24 mètres environ, et qu'elle s'avançait dans les terres jusqu'à 75 mètres. Qu'elle se composait de petits blocs stratifiés d'argile oolithique très-dure, à travers les joints desquels les eaux de pluie se frayaient un passage en descendant verticalement. Il reconnut de plus qu'un plan de glissement à surface très-lisse et compacte existait dans la partie inférieure, et que la pente de ce plan de glissement venait se terminer au niveau des fondations du tunnel: que ce plan, espèce de surface gauche, se relevait par une pente de $0^m,21$ par mètre, et avait dû lancer la masse éboulée sur le tunnel et dans la tranchée, en suivant une direction oblique de 30° environ.

M. Bruère n'hésita pas à entreprendre ce travail, dans lequel il a déployé autant d'intelligence que de prudence, car la moindre fausse manœuvre pouvait non-seulement compromettre la vie des hommes, mais encore entraîner la chute de nouvelles masses qui s'étaient mises en mouvement et qui n'étaient soutenues dans leur

position d'équilibre instable que par quelques points de la partie éboulée sur lesquels elles s'appuyaient.

On commença donc les travaux par la partie la moins volumineuse de l'éboulement, c'est-à-dire entre les profils 54 et 50, on enleva ce qui recouvrait la voie, on décapa l'éboulement pour y établir des redans horizontaux normaux aux plans de glissement, puis on établit des contre-forts en terre pilonnée, contre-forts bien suffisants dans cette partie où l'éboulement présentait le moins de hauteur.

Du profil 50 au profil 44, extrémité de l'éboulement, les mêmes moyens n'auraient plus suffi. Il fallait quelque chose de plus puissant que la terre pilonnée.

Dans cette situation, M. Bruère attaqua l'éboulement de la tranchée sur toute la largeur, enlevant les terres, à l'aide de brouettes, de ponts volants et de tombereaux, jusqu'à une hauteur de 4 mètres au-dessus de la plate-forme, et, simultanément pratiqua l'ouverture d'une cunette et de saignées transversales destinées à recevoir les contre-forts, qu'on dut faire, afin d'éviter les accidents, par parties d'inégales longueurs, car la masse se serait infailliblement remise en mouvement, si on eût voulu opérer sur toute la longueur. Aussi n'avançait-on l'ouverture de la cunette qu'au fur et mesure de la construction des contre-forts. Le travail allait ainsi moins vite, mais toute chance d'accident disparaissait devant cette précaution. C'est ainsi qu'on est arrivé à se raccorder avec le pied droit de la partie restante du tunnel, en proportionnant la résistance des contre-forts à l'effort exercé par la masse en mouvement.

La maçonnerie fut faite en moellons bruts, avec mortier de chaux. Derrière avait été établie une pierrée avec caniveau, destinée à recueillir les eaux qui, suivant la pente naturelle des glacis, venaient se déverser dans les fossés de la plate-forme.

Le contre-fort en maçonnerie terminé, on construisit au-dessus un massif en terre pilonnée destiné à augmenter le poids de la maçonnerie et à soutenir la partie supérieure de l'éboulement si elle venait à se désagréger. Puis on a recouvert d'une couche de $0^{m},30$ d'épaisseur de terre pilonnée toute la surface de l'éboulement, afin d'empêcher les eaux de pénétrer de nouveau dans les joints.

Nous regrettons que l'exiguïté de notre cadre ne nous permette pas d'entrer dans de plus grands détails sur ces importants travaux; mais il est probable que M. Bruère en publiera une description complète, que l'on pourra consulter si l'on désire en obtenir une connaissance plus approfondie.

Bifurcations du chemin du Nord. — La Compagnie du Nord, afin d'éviter les terribles accidents qui se sont déjà produits et peuvent se renouveler aux bifurcations, a fait étudier et fait en ce moment exécuter des travaux assez considérables pour desservir les lignes de Soissons et de Pontoise. Nous allons essayer de les décrire.

Au kilomètre 3, un peu au-dessus de la gare de la Chapelle, la plate-forme compte six voies placées au même niveau.

La première est affectée au départ des voyageurs de la grande ligne (Chantilly).

La seconde sert aux trains des voyageurs se rendant à Pontoise.

La troisième est la voie de retour de cette ligne.

La quatrième dessert au départ la banlieue de Chantilly, et la ligne de Soissons voyageurs, et Pontoise marchandises, à l'aide d'un raccordement.

La cinquième est la voie de retour de Chantilly grande ligne et banlieue et de Pontoise marchandises.

La sixième est la voie de départ des marchandises pour Soissons, Chantilly et Pontoise.

Il était impossible à cause d'un aussi grand nombre de voies, et de la direction des bifurcations, d'établir des communications directes, sans traverser les voies; on a donc dû, pour résoudre le problème qu'on s'était posé faire passer certaines voies les unes au-dessus des autres.

Ainsi la voie n° 1 desservant la grande ligne, se trouve droite et au niveau de la plate-forme générale jusqu'au delà du passage à niveau du Landit; à ce point elle dévie vers la droite et entre en déblai sur une longueur de 500 mètres en pente de 1 centimètre par mètre, passe sous les deux voies de Pontoise n°s 2 et 3, à l'aide d'un pont métallique, remonte sur une rampe de même inclinaison vers Saint-Denis, en passant en contre-bas des autres

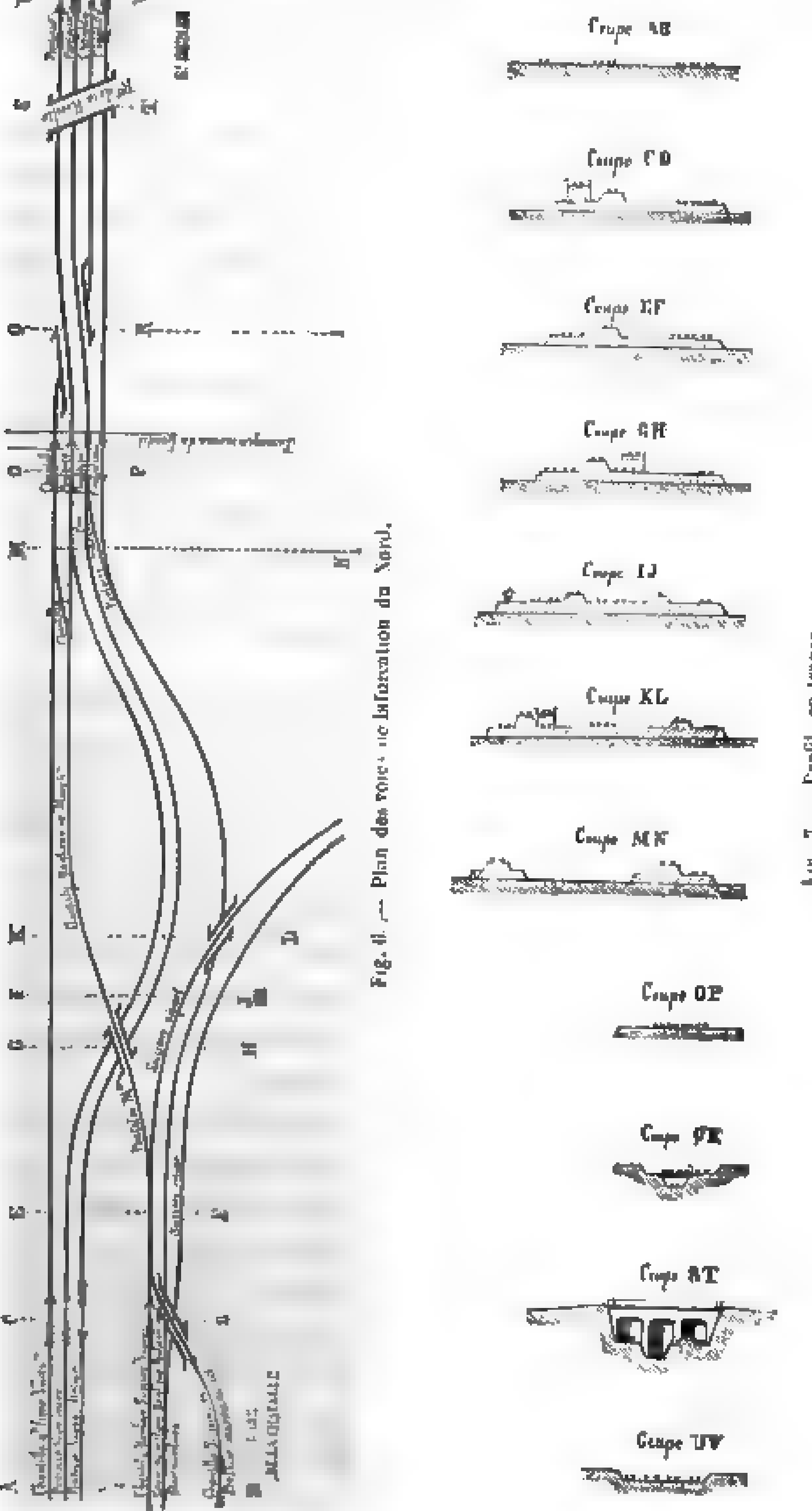


Fig. 6. — Plan des voies de bifurcation du Nord.

Fig. 7. — Profils en travers.

voies sous le pont de la route de la Révolte, et vient encore se raccorder avec la plate-forme, où, de première voie qu'elle était, elle devient troisième.

Les voies nos 2 et 5 (Pontoise, voyageurs, aller et retour) s'infléchissent parallèlement presqu'en face de la bifurcation de Soissons, puis par une courbe et contre-courbe viennent passer sur le pont métallique établi au-dessus de la voie de Chantilly n° 1 pour occuper les positions de première et de seconde voie, et se porter sur la gauche.

La quatrième voie qui dessert Chantilly et Soissons (voyageurs) a dû, pour éviter la traversée à niveau, être établie sur un remblai, à cet effet, on a construit la plate-forme avec une rampe de 1 centimètre par mètre pour arriver à se raccorder avec le premier pont en fer construit près le chemin des Fruitiers au-dessus des deux lignes de Pontoise, puis on a raccordé cette ligne à l'aide de deux changements de voies ordinaires avec la voie n° 1, ligne de Chantilly et la voie n° 2, ligne de Pontoise.

Un peu avant le pont dont nous venons de parler, se détache sur la droite l'embranchement de Soissons qui passe à l'aide d'un nouveau pont et d'une pente de 1 centimètre au-dessus de la voie n° 5.

La voie n° 5 est la voie de retour des voyageurs de Chantilly grande ligne, et de banlieue et de Pontoise marchandises, elle reste au niveau de la plate-forme dans tout son parcours, et passe ainsi au-dessous de la voie de départ de Soissons, elle est reliée à l'aide d'un changement à la voie n° 5 servant au transport des marchandises entre Pontoise et Paris; à cette cinquième voie vient se souder la ligne de retour de Soissons vers Paris.

La voie n° 6 destinée au service des marchandises circulant entre Paris, Soissons, Chantilly et Pontoise vient se fondre avec la voie n° 4 à l'aide d'un remblai et d'un pont métallique passant au-dessus de la voie n° 5 et de la voie de retour de Soissons, et ne fait, à partir de ce point, qu'une seule et même voie avec la voie n° 4; de cette manière toute prise en écharpe d'un train par un autre train au moment de la traversée des voies, devient matériellement impossible.

Tel est l'ensemble des dispositions qui ont été adoptées, et qui

nous paraissent, à juste titre, devoir être appliquées toutes les fois que la configuration du sol le permettra.

Pont de Coblentz. — Le célèbre ingénieur prussien Hartwich a construit près de Coblentz, sur le Rhin, un très-beau pont représenté fig. 8.

On voit à l'inspection de cette figure qu'il se compose de trois arches métalliques s'élevant au-dessus du tablier. Chacune de ces arches a $82^m,50$ d'ouverture.

L'axe du pont est oblique au courant. On avait eu d'abord la pensée de le construire avec quatre arches en faisant un pont à angle droit sur le courant, mais pour cela il fallait exécuter des travaux importants et rétrécir le fleuve. On y renonça.

Ce n'est pas seulement en vertu de considérations techniques que l'on se décida à adopter le système représenté par la fig. 8. Parmi les raisons qui lui ont fait donner la préférence, il faut ranger l'avantage qu'il présente de ne nuire en aucune manière à la vue des sites romantiques des environs, comme l'eût fait un pont en tôle.

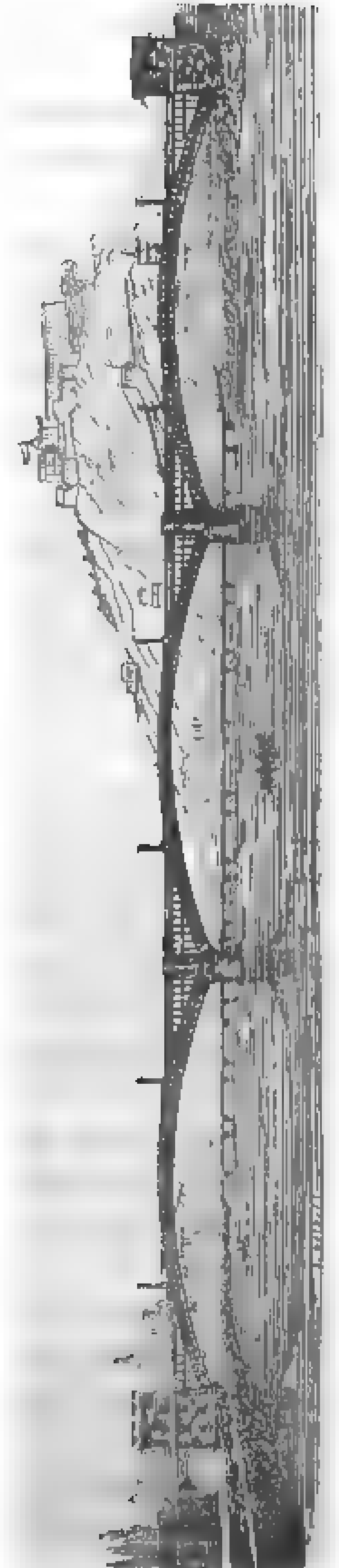
Les fondations n'ont présenté aucune difficulté d'exécution exceptionnelle. L'excessive rapidité du courant et la profondeur du fleuve ont été sans doute un obstacle de quelque importance à l'établissement des piles du milieu, mais cet obstacle a été surmonté avec une grande habileté par les moyens ordinaires, en prenant certaines précautions qu'il serait trop long de décrire.

Les travaux ont été rapidement conduits. Ils ont été achevés en moins de deux ans.

M. Hartwich a publié un très-beau mémoire sur le pont de Coblentz. C'est à ce travail qu'il faut recourir si l'on veut en étudier dans tous leurs détails les procédés d'exécution et se rendre compte des calculs faits pour en déterminer les dimensions.

Pont de Bordeaux. — Nous complétons la description des fondations du pont, donnée page 531 du premier volume, par les lignes suivantes, empruntés au rapport de M. Bommart au jury international.

« Les colonnes tubulaires ont été mises à profondeur par un déblai à sec à l'intérieur des tubes au moyen de l'air comprimé refoulant



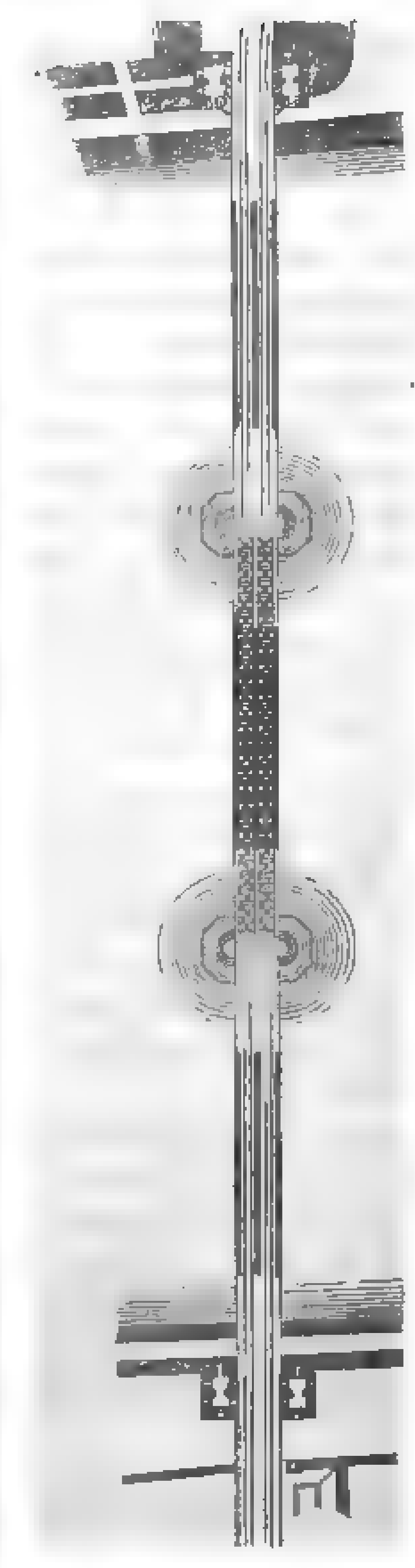


Fig. 8. Pont de Coblentz.

l'eau, suivant le procédé Triger. Cette méthode, antérieurement employée dans la fondation d'un certain nombre de ponts, a reçu, dans son application au pont de Bordeaux, des modifications qui constituent des perfectionnements notables.

« Le sas à air a été formé dans le tube même, au moyen de deux plates-formes en tôle, boulonnées sur des nervures intérieures du tube, et munies de portes établissant à volonté la communication avec l'intérieur du tube ou avec l'extérieur. Il suffisait de déplacer ces plates-formes pour remonter le sas à air au fur et à mesure de l'enfoncement du tube. Le contre-poids ne reposait point directement sur le tube : il était porté par l'échafaudage, et n'agissait sur un joug coiffant le sommet du tube que par l'intermédiaire de presses hydrauliques interposées. Loin d'opérer par le procédé *de la rentrée des terres*, on prenait tous les soins pour qu'aucun des effets inhérents à ce procédé ne pût se produire : par intervalles, on laissait diminuer graduellement et avec lenteur la compression de l'air dans le tube, de façon à ne déterminer aucune rentrée subite de l'eau, puis, quand la pression se trouvait suffisamment réduite, on exerçait par les presses tout l'effort que permettait l'importance du contre-poids, de manière à produire en une seule fois le plus grand enfoncement possible. Après quoi, on installait à nouveau les appareils accessoires et les tringles d'accrochage, on chassait l'eau et l'on recommençait le déblai.

« Deux autres modifications, qui ne sont pas sans importance au point de vue de l'économie et de la rapidité d'exécution, ont été introduites à Bordeaux dans le mode d'extraction des déblais. Le montage des déblais dans la chambre d'équilibre s'y opérait par moteur mécanique, au moyen d'un arbre de couche introduit dans cette chambre, à travers des boîtes à étoupes, et mis en mouvement par une machine à vapeur locomobile fonctionnant extérieurement. Quand la chambre d'équilibre se trouvait suffisamment remplie par les bennes dans lesquelles se montaient les déblais, on fermait la porte de cette chambre communiquant avec l'intérieur du tube, on mettait l'air de la chambre en équilibre avec l'air extérieur, on ouvrait une porte ménagée latéralement dans la paroi d'un des anneaux du tube, et, par cette porte, au moyen d'un couloir en tôle, on ver-

sait directement les déblais dans les barques qui devaient les emporter. Grâce à ces procédés, on a pu extraire jusqu'à 26^m,50 de déblais par vingt-quatre heures, ce qui correspondait à une descente du tube de 2^m,50 dans le même laps de temps.

« Le tube n° 1 de la pile n° 3 a été mis à profondeur par les anciens procédés, l'installation des procédés nouveaux n'étant pas encore prête, l'opération a duré cinquante-trois jours. Les onze autres tubes, auxquels ont été appliqués les procédés dont on vient de donner la description sommaire, quoique ayant pris, pour la plupart, des fiches pneumatiques plus considérables, ont été mis à profondeur en un temps qui a varié, en général, entre neuf et douze jours.

« La dépense d'exécution des six piles (douze tubes) a été, tout compris, de 695,000 francs, soit, pour chaque tube, 57,890 francs. La superstructure métallique pèse 2,950,000 kilogrammes ; elle a coûté 1,950,000 francs ; d'où se déduisent un poids de 5,900 kilogrammes et une dépense de 3,856 francs par mètre courant. La dépense totale du pont a été de 2,994,000 francs : le prix de revient total a donc été, par mètre courant, de 5,988 francs.

« L'important ouvrage qui vient d'être décrit se distingue par ses dispositions hardies, simples et économiques. La conception de ces dispositions appartient en propre à feu M. Alfred Bommart, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur de la construction des chemins de fer du Midi. »

Pour l'exécution, M. Bommart a eu deux collaborateurs intelligents et habiles, MM. de la Roche-Tolay, ingénieur principal, et Regnault, ingénieur ordinaire, qui ont étudié les détails des projets et suivi les travaux jusqu'à leur complet achèvement.

Le mérite des perfectionnements introduits dans les procédés de fondation doit être reporté à la Compagnie générale du matériel des chemins de fer, Pauwels et Ce, représentée sur les lieux par MM. Nepveu et Eiffel, et aussi à MM. Fortin-Hermann et Nepveu, qui ont, les premiers, proposé d'employer, suivant des procédés analogues à ceux dont il a été fait usage à Bordeaux, les presses hydrauliques à l'enfoncement des tubes, dans l'exécution des fondations tubulaires.

Toutes les études de détail des parties métalliques, de même que

toutes les dispositions à employer pour le levage et la mise en place, sont restées confiées aux usines du Creusot, dont M. Mathieu est l'ingénieur en chef. Les maçonneries ont été exécutées, sous la surveillance spéciale de la Compagnie du chemin de fer, par M. Wirth, entrepreneur de travaux publics à Berne.

Fondations. — Le procédé de fondations au moyen de caissons, employé pour la première fois par la Compagnie des chemins au pont du Rhin, s'est depuis lors généralisé ; on en a fait usage au pont de la Voulte (chemin de fer de Lyon à la Méditerranée), au pont de Busswill, sur l'Aar (chemin de fer de Berne à Vienne), en plusieurs points du chemin de fer d'Orléans (chemin de fer en Bretagne), et notamment au viaduc du Scorff.

Au pont de Busswill on a fait l'application, en même temps, des caissons et de la noria, au viaduc du Scorff des caissons seulement.

La note suivante sur les travaux du pont de Busswill nous a été fournie obligeamment par M. Bridel, ancien élève de l'école centrale ingénieur en Suisse.

Fondation du pont de Busswill à l'aide de caissons et de norias. — Le pont de *Busswill* est construit sur l'Aar, à environ 5 kilomètres de Bienne. Le lit de l'Aar y est très-irrégulier ; il est composé de faux bras nombreux, et sa longueur atteint jusqu'à 1 kilomètre. — Les affouillements sont dangereux ; lorsqu'on exécute des travaux de défense, leur profondeur atteint quelquefois 10 mètres.

Le pont a quatre travées de 48 mètres d'ouverture ; les piles et culées, au nombre de cinq, sont établies en lit de rivière, et fondées à 15 mètres de profondeur par le procédé suivi au pont du Rhin ; savoir : caissons en tôle avec drague au milieu, et deux cheminées de service (dont une seule a servi). — On a établi un pont de service, avec voies et plaques tournantes et un échafaudage destiné à guider et à soulager les caissons sur l'emplacement de chaque pile. — Ce même échafaudage servait de plate-forme pour barder les matériaux autour de la pile, il portait une voie sur chaque face de celle-ci, se raccordant à la voie du pont de service par les plaques tournantes. Une locomobile, montée sur l'échafaud, actionnait la drague.

La machine soufflante a été construite avec deux anciens cylindres de locomotives, montés sur un fort bâti en chêne, elle était actionnée par une petite locomotive de gare, travaillant à raison de 20 chevaux. — Les conduits d'air étaient en fonte avec joints en caoutchouc, et régnaient sur toute la longueur du pont de service ; les appareils étaient logés dans une baraque établie sur la rive gauche, et servant d'atelier et de cantine.

Les cinq caissons ont été foncés successivement, les maçonneries montées immédiatement à hauteur, et le tablier glissé au fur et à mesure de l'achèvement de ces maçonneries. — Tout le travail a été achevé en un an.

Les caissons sont remplis en béton de ciment de Noirayeu (un peu moins énergique que les ciments de Vassy et de Pouilly) ; les maçonneries de fondation parementées en libages, et garnies en maçonnerie ordinaire, le tout à mortier de ciment, ainsi que les maçonneries en élévation, dont les parements et couronnements sont en pierre de taille de gros appareil. — Maçonneries pour deux voies, tablier pour une voie seulement. — En amont et en aval, on a raccordé les culées avec les arrière-digues, au moyen de jetées submersibles à noyau en enrochements, parementés avec soin (libages et enrochements au moins 10 pieds cubes $= 0^{mc},27$; parements au moins $4^{s} = 0^{mc},11$). — Le talus de ces jetées du côté de la rivière est de 3 pour 1. — Des digues insubmersibles jusqu'aux culées, les remblais sont perréyés jusqu'au-dessus des plus hautes eaux.

Les maçonneries au-dessus des caissons sont entourées d'une chemise de 2 millimètres d'épaisseur en tôle, afin de protéger les maçonneries fraiches contre le frottement du terrain qu'elles traversent en descendant.

Caissons : 1° *des culées*, rectangulaires, longs de $10^{m},80$, larges de $4^{m},20$; *des piles*, $4^{m},20$, 12^{m}.

Du fond à l'arête inférieure, hauteur $2^{m},70$.

Les parois verticales sont en tôle de 9 millim., armées de vingt-six consoles qui supportent le fond ; leur bord inférieur est garni d'une plate-bande en fer de 240/18 millim.

Le fond n'a que 6 millim. d'épaisseur et s'est trouvé un peu

mince, quoique soutenu par les vingt-six consoles et par neuf poutres transversales et deux longitudinales en tôle, et cornières.

Observation. — Actuellement, on arme les caissons de plusieurs ouvrages en construction en Suisse au moyen d'armatures intérieures en bois qui fonctionnent parfaitement.

Chaque caisson était suspendu à douze verrins par l'intermédiaire de plates-bandes de 200.15 millim.

Diamètre de la cheminée de la noria, $1^{m},900$; épaisseur, 10 millim., en bouts de 2 mètres avec brides et joints en caoutchouc.

Diamètre des cheminées de service, $0^{m},90$; épaisseur, 9 millim.

L'intervalle des consoles a été maçonné, avant tout fonçage, en briques et ciment, pour résister à la poussée des graviers. Le terrain se composait de couches alternantes de sable et de gravier ; pour une culée, on a rencontré un grand nombre de troncs d'arbres couchés qu'il a fallu couper à la hache et au ciseau. A chaque changement de poste, on laissait échapper l'air entièrement, ce qui produisait presque toujours un fort affouillement qui facilitait le travail.

DEVIS.

A. *Travaux de régularisation et de défense des rives.*

1) Terrassements.		
a) Déblai des fondations de digues submersibles et insubmersibles, employé à former les remblais des abords.	$8,552^{m3}$ à 0 fr. 925 =	7,900 fr.
b) Revêtement en terre végétale. .	918^{m3} à 1 fr. 11 =	1,020
2) Enrochement en libages de $0^{m3},27$.	$2,214^{m3}$ à 16 fr. 28 =	36,080
3) Revêtements en perrés.	$2,700^{m3}$ à 20 fr. 25 =	55,000
		100,000 fr.

B. *Travaux de fondation*

1) Fourniture des cinq caissons. .	100,000 kil. à 0 fr. 80 =	80,000 fr.
2) Fourniture des revêtements en tôle des maçonneries sous l'eau. .	50,000 kil. à 0 fr. 70 =	35,000
3) Fonçage des caissons. . .	54 m. cour. à 1,000 fr. =	54,000
Somme a forfait.		169,000 fr.

C. *Maçonneries.*

1) Maçonnerie de libage, du fond de la fondation jusqu'à l'étiage. . .	2,700 m³ à 44 fr. 40 =	120,000 fr.
2) Maçonnerie de pierre de taille à un parement au-dessus de l'étiage, non compris les avant et arrière-becs, ni couronnement	216 m³ à 86 fr. 10 =	18,400
3) Remplissage en libages au-dessus de l'étiage. . . .	437 m³,4 à 44 fr. 40 =	19,440
4) Avant et arrière-becs, couronnement.	216 m³ à 111 fr. 00 =	24,000
5) Corniches et balusts.	56,70 à 136 fr. 90 =	7,770
		189,610 fr.
6) 4 escaliers en granit aux culées, largeur 0m,75, chacun de 15 marches.		1,390
Total maçonneries.		191,000 fr.

D. *Tablier.*

1) Fers	359,333 kil. à 0 fr. 60 =	213,600 fr.
2) Fonte.	13,050 kil. à 0 fr. 40 =	5,220
3) Plomb.	3,100 kil. à 0 fr. 80 =	2,480
Métal.		221,300 fr.

4) Bois de chêne. . . . . . . 32 m³,40 à 120 fr. 25 = 3,900

5) Bois de sapin, platelage de 60 millim.

Largeur. . . .	2m,82		
Longueur. . . .	174m,00		
Surface.	595 m² à 4 fr. 44 =	2,200	
Bois.		6,100	6,100
Total tablier (1 voie).			227,400 fr.

E. *Échafaudages et appareils.*

1) Pont de service.	9,000 fr.
2) Échafauds autour des piles.	18,000
3) Bâtardeau, pattes d'oie.	4,000
4) Wagonnets et autre matériel.	6,000
5) Appareils spéciaux pour le fonçage, cheminées, etc.	37,000
6) Atelier provisoire, barraques.	2,000
7) Imprévu.	4,000
Somme à forfait.	80,000 fr.

Récapitulation.

Série de prix.	A. Travaux de régularisation et de défense des rives.	100,000 fr.
Forfait.	B. Travaux de fondation.	169,000
Série de prix.	C. Travaux de maçonnerie.	191,000
—	D. Tablier.	227,400
Forfait.	E. Échafaudages et appareils.	80,000
	MONTANT DU DEVIS	767,400 fr.

Soumissionné à 7 pour 100 de rabais par MM. Locher et Cie, entrepreneurs à Zurich.

Le décompte a donné les résultats suivants :

1° Échafauds, etc.	75,400 fr.	00	compris les pierrées et enrochements pour 93,000 fr.
2° Maçonnerie et fondations.	496,484	30	
3° Tablier.	232,263	40	
4° Imprévu (régie).	179	40	
	730,527 fr.	14	

L'économie aurait été plus grande si le fonçage, estimé en moyenne à 11 mètres environ, n'avait dû descendre à 15 mètres, parce que l'on ne voulait pas s'établir dans un banc de limon.

Les quantités de matériaux employés sont : fer 390,915 kilogrammes; fonte 15,678; plomb 2,985.50; bois de chêne 36 mètres cubes; bois de sapin 595 mètres carrés. — Chaque caisson pesait environ 32,500 kilogrammes.

Fondation du viaduc du Scorff. — Les travaux exécutés au viaduc du Scorff ont été décrits dans les annales des ponts et chaussées, numéro des mois de mai et de juin 1864, par M. Croisette Desnoyers, ingénieur en chef. Les lignes qui suivent sont extraites du mémoire de cet ingénieur.

« Le viaduc du Scorff est composé de voûtes en maçonneries et de travées métalliques. Les piles des grandes travées métalliques ont été seules fondées au moyen de l'air comprimé. Il aurait été difficile de réussir par un autre procédé, car, pour l'une des piles, il fallait aller chercher le rocher à 21 mètres au-dessous des hautes mers, à travers une couche de vase de 14 mètres d'épaisseur ; pour l'autre pile, la profondeur était moins grande, cependant il fallait encore descendre à 15 mètres au-dessous des hautes

mers, et l'épaisseur de la couche de vase était de 7 à 8 mètres. L'opération était d'ailleurs gravement compliquée par le défaut de consistance des vases, par les inégalités de surface du rocher, et enfin par la situation en pleine rivière dans une partie soumise à de fortes dénivellations de la marée.

« Nous avions d'abord eu l'intention d'employer simplement des tubes, suivant l'application la plus généralement répandue de l'air comprimé. Toutefois, à Lorient, les conditions spéciales où nous nous trouvions commandaient quelques modifications. L'eau de la mer corrode si rapidement la fonte et la tôle, que l'on ne pourrait pas compter sur l'enveloppe pour protéger longtemps le remplissage des tubes ; par suite, au lieu d'employer seulement du béton à l'intérieur, il était nécessaire de remplir les tubes avec une maçonnerie, présentant au pourtour un bon parement, de manière à former des colonnes parfaitement résistantes après la destruction de l'enveloppe métallique. Nous avions projeté de leur donner $4^m,50$ de diamètre, à cause de leur grande hauteur, et parce que jusqu'à cette limite l'augmentation de diamètre ne présente pas de difficultés sérieuses. Enfin, au lieu de prolonger les tubes jusqu'au niveau du dessous des grandes poutres, ou même d'élever jusqu'à ce niveau des colonnes en maçonnerie formant la continuation de celles construites dans les tubes, nous avions l'intention de relier ces dernières au niveau des basses mers par une petite voûte, et d'élever sur l'ensemble de deux colonnes ainsi réunies une pile complète en maçonnerie. C'est d'après ces bases que le projet a été rédigé ; il comprenait l'évaluation suivante :

Fontes et fer, 250,000 kilogrammes.	85,000
Maçonnerie jusqu'au niveau des basses mers. . .	46,000
Mise en place et enfoncement des tubes.	60,000
Divers.	9,000
Total.	200,000

« Les divers constructeurs, appelés à soumissionner le travail, avaient demandé des prix un peu plus élevés, mais MM. Ernest Gouin et Comp. ont offert de l'exécuter pour le montant du détail esti-

matif, à condition qu'ils auraient la faculté de remplacer les tubes par une chambre ou caisson en tôle, présentant la section complète de la pile ; ils y trouvaient une économie sur la dépense prévue pour les enveloppes métalliques, et espéraient simplifier la main-d'œuvre. De notre côté, ce mode nous procurait l'avantage d'augmenter de 1/5 environ l'assiette de fondation et de remplacer par un massif unique deux colonnes difficiles de bien relier entre elles. Il n'y avait donc pas à hésiter à adopter la proposition, et, en effet, le marché a été conclu dans ce sens, les entrepreneurs s'engageant, moyennant la somme convenue, à livrer les piles construites jusqu'au niveau des basses mers en maçonnerie, à mortier de ciment, avec parement en moellons d'appareil, et à élever l'enveloppe en tôle jusqu'au niveau des hautes mers, de manière à former batardeau pour la continuation des maçonneries jusqu'à ce niveau.

« **Description de l'appareil employé.** — L'appareil employé se compose essentiellement de trois parties : 1° la chambre de travail, placée à la partie inférieure, et dans laquelle on pratique les déblais ; 2° le caisson proprement dit ou batardeau, placé au-dessus de cette chambre de travail, et dans lequel on construit les maçonneries à l'air libre, au fur et à mesure de l'enfoncement ; 3° enfin les chambres d'équilibre avec écluses à air, placées tout à fait à la partie supérieure et communiquant avec la chambre de travail par des tubes ou cheminées verticales.

« La chambre de travail est représentée figures 9, 10 et 11 ; elle a 12m,10 de longueur, 3m,50 de largeur à la base et 3m,04 de hauteur ; sa section horizontale a extérieurement la forme de la pile elle-même, mais à l'intérieur elle présente une suite d'arcs appuyés sur des entretoises en fonte, de manière à opposer une grande résistance à la pression du terrain. L'enveloppe extérieure est composée de trois zones successives, dont les épaisseurs, à partir du bas, sont 13, 10 et 8 millimètres : la zone inférieure est d'ailleurs très-fortement consolidée à la base, et forme tranchant ; de fortes cornières en tôle, disposées horizontalement à la jonction des diverses zones, augmentent encore la solidité de l'ensemble. Le plafond supérieur ou toit de la chambre, auquel il importait de

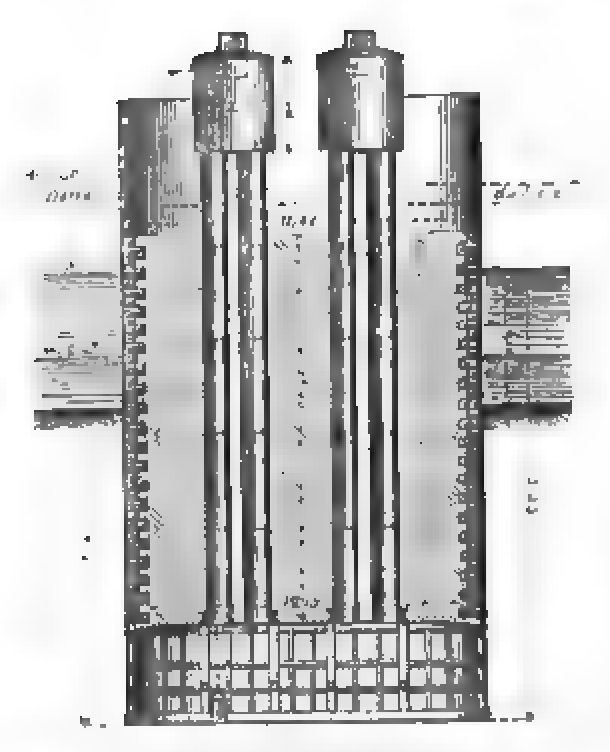


Fig. 9. — Ensemble de l'appareil.

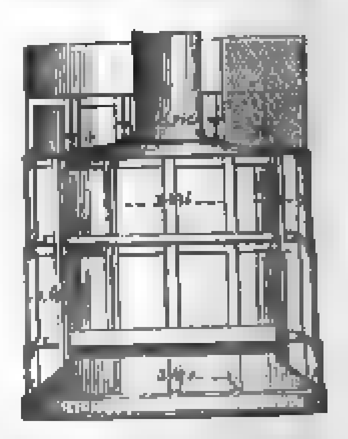


Fig. 10. — Coupe de la chambre de travail.

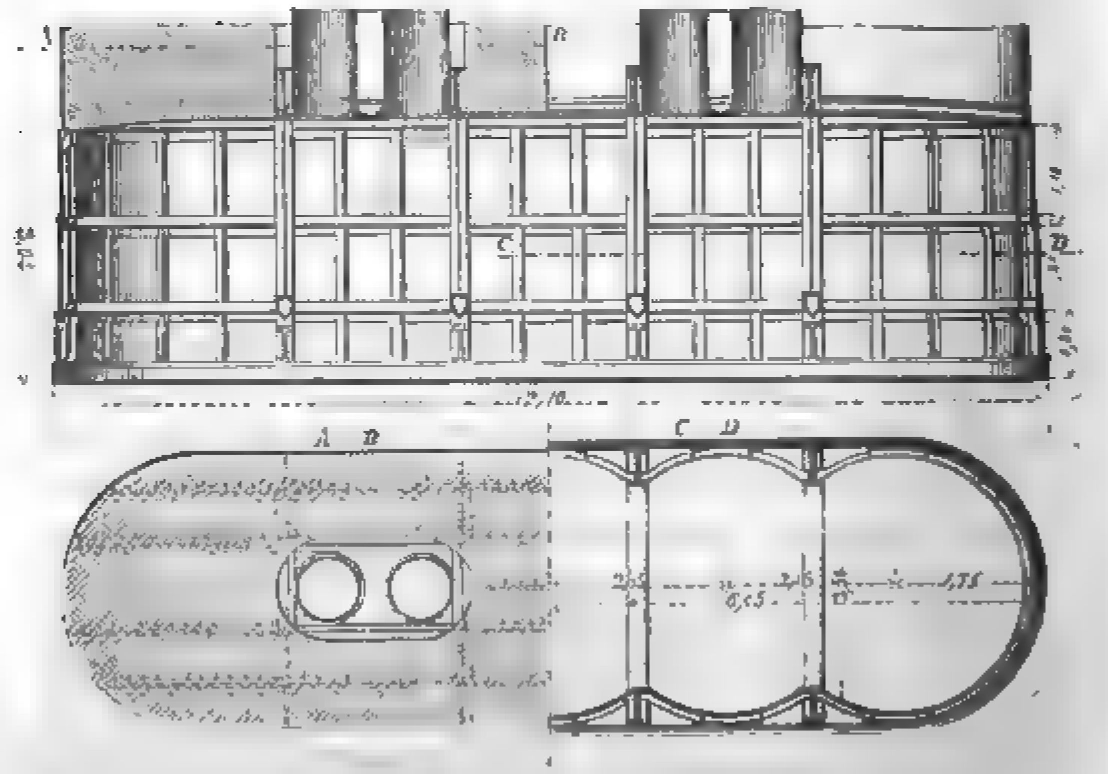


Fig. 11. — Plan et coupe de la chambre de travail.

donner une grande résistance, parce qu'il devait, pendant la durée du travail, supporter tout le poids des maçonneries supérieures, présente une forme légèrement cintrée, et son ossature se compose de quatre grandes poutrelles transversales de 70 cent. de hauteur environ et de quatre rangs de petites poutrelles longitudinales de 20 cent. de hauteur, sur lesquelles est rivée la tôle de 1 cent., qui forme le plafond proprement dit. Les cheminées ont 70 cent. de diamètre intérieur et s'élèvent deux par deux sur l'axe du pont, dans des cadres formés par les grandes et petites poutrelles mentionnées.

« Le caisson proprement dit ou batardeau s'élève au-dessus de la chambre de travail, et est composé d'une série de zones horizontales en tôle, dont les épaisseurs sont sucessivement de 5, 4 et 3 millimètres. Ces zones étaient ajoutées peu à peu, au fur et à mesure, de l'enfoncement, de manière que l'enveloppe formant batardeau dépassât toujours le niveau des plus hautes mers. L'ensemble du caisson présentait un léger fruit, de telle sorte que les dimensions de 12^{m},10 et 3^{m},50 à la base se réduisaient au niveau du dessus des fondations à 11^{m},80 et 3^{m},20. Les dimensions de la pile à ce même niveau étaient de 11^{m},60 et 3 mètres, de sorte que la retraite prévue était seulement de 10 cent. en tout sens. »

La chambre de travail pesait, y compris les entretoises en fonte, 27,600 kilogrammes, le caisson proprement dit ou batardeau pesait 15,400 kilogrammes en moyenne, de sorte que, pour chaque pile, le poids total des parties métalliques était de 43,000 kilogrammes.

La chambre d'équilibre se composait d'un cylindre de 2^{m},50 de diamètre et de 3 mètres de hauteur, dont la partie basse était en communication libre avec la chambre de travail, par l'intermédiaire des cheminées, et dont la partie supérieure comprenait les deux sas à air.

On voit que le procédé suivi à Lorient diffère essentiellement des fondations par tubes, non-seulement par la création d'un seul massif pour une pile, mais de plus en ce que le remplissage, au lieu d'être fait après le fonçage terminé comme dans les tubes, est exécuté en très-grande partie pendant ce fonçage et sert même à le

provoquer, on voit également que si sous ce dernier rapport le procédé ci-dessus décrit offre une nouvelle application du principe suivi au pont de Kehl, il présente quelques différences dans les dispositions adoptées ; qu'ainsi, notamment comme il s'applique à des superficies de fondation beaucoup plus restreintes, on n'a pas eu à installer des norias enlevant les déblais à l'air libre, ce qui aurait compliqué les appareils sans produire d'avantages notables pour un cube de déblais peu considérable, et dans un terrain tel que celui que nous avions à traverser. »

L'auteur entre dans des détails d'exécution qu'il serait trop long de reproduire dans leur entier, nous nous bornerons à indiquer certaines difficultés qui se sont présentées dans l'exécution de ce travail, et qui tenaient aux conditions particulières dans lesquelles on se trouvait.

On a commencé l'opération par la pile rive droite, celle dont la profondeur devait être la plus considérable. La surface du terrain était sur ce point à 4 mètres au-dessous du niveau moyen de la mer, mais par son propre poids et par celui des premières assises de maçonnerie, le caisson s'était enfoncé d'environ 80 cent. dans ce terrain, de sorte que c'est seulement à cette profondeur qu'ont commencé les travaux à l'air comprimé. Ces travaux de fonçage, qui paraissaient d'abord devoir être exécutés très-rapidement, ont, au contraire, exigé un temps assez long, parce que, pour éviter les déversements, il fallait n'approfondir qu'avec beaucoup de précaution. Ces déversements étaient très à craindre, par suite de la forme longue et étroite du caisson, du peu de consistance du terrain, dans lequel on opérait, et enfin de l'effet des marées. Pour apprécier cette dernière action, il faut considérer, qu'afin d'être bien maître de la descente, il faut tenir constamment le caisson à peu près en équilibre sous l'effet de la pression intérieure due à la compression de l'air, effet qui tend à le faire remonter, et sous celui de son propre poids qui tend à le faire descendre. Or, si cet équilibre existe au moment de la basse mer, par exemple, il cessera évidemment d'avoir lieu à la haute mer, puisque le caisson étant immergé sur une plus grande hauteur, aura perdu beaucoup plus de son poids, et alors le caisson, ayant une tendance à remonter, pourra

facilement être déplacé dans un terrain qui offre peu de résistance latérale, si, au contraire, l'équilibre entre les deux forces agissant sur le caisson existe à haute mer, le poids devenant plus fort quand la mer baissera, prendra la prépondérance et occasionnera une brusque descente, dans laquelle le caisson peut se déverser. En faisant varier la pression intérieure, on peut atténuer ces actions nuisibles à la régularité de la descente, mais on ne peut pas les détruire, parce que la pression est commandée par la profondeur, à laquelle on opère : ainsi, par exemple, si à hautes mers on voulait la diminuer comme ce serait désirable, l'eau remonterait dans la chambre inférieure et le travail serait interrompu.

La variation du niveau, due à l'action des marées, est donc une cause de difficultés très-sérieuses et peut occasionner de graves accidents.

Pour la pile rive droite, le terrain formé de sables vaseux avait encore une certaine consistance, et il n'y a pas eu de déplacement grave pendant le fonçage; toutefois, en arrivant au fond, le caisson s'est trouvé un peu penché vers la rive, dans le sens de sa largeur. Cette déviation n'a eu heureusement pour effet que de faire perdre de ce côté la retraite prévue au niveau des basses mers, de sorte que les maçonneries supérieures sont encore d'aplomb sur la base de fondation; néanmoins, cette circonstance prouve qu'il serait bien utile de projeter des retraites plus fortes, sauf à subir l'augmentation de dépense qui en résulterait.

Un autre inconvénient s'est produit pendant la descente : l'enveloppe en tôle formant batardeau pour la construction des maçonneries étant très-mince, s'est gondolée irrégulièrement, de telle sorte que sur certains points les maçonneries n'ont pas eu exactement les dimensions qu'elles devaient avoir; il en est résulté qu'à l'amont de la pile, dans une partie de l'avant-bec, on n'avait plus la place nécessaire pour poser les pierres du socle. Il a fallu couper le batardeau et travailler seulement à la marée pour cette partie de maçonnerie.

Lorsqu'on arrive sur le rocher, il est bien important de le déraser autant que possible, ou du moins de ne pas laisser subsister le plan de glissement vers l'extérieur. Pour la rive droite, le rocher

n'était pas très-irrégulier et on est parvenu à asseoir le caisson en le dérasant un peu sur certains points.

Pour la pile rive gauche, les opérations successives ont été les mêmes; mais bien que la profondeur fût moins grande et l'épaisseur du terrain à traverser moins considérable, on a éprouvé de plus grandes difficultés. Le terrain, composé de vase plus franche qu'à l'autre pile, offrait beaucoup moins de consistance, de sorte que peu de temps après le commencement du fonçage, la pression ayant diminué tout à coup par suite d'une avarie survenue à la machine qui comprimait l'air, le caisson s'est enfoncé brusquement en prenant une forte inclinaison vers l'aval; de plus, dans ce mouvement, la tôle du batardeau, trop fortement pressée contre les maçonneries de l'arrière-bec, s'est déchirée un peu au-dessus des basses mers, on ne pouvait plus reprendre ces maçonneries sans installer de nouveaux appareils, qui auraient demandé beaucoup de temps et de dépense. D'un autre côté, si l'on se hâtait d'élever ces maçonneries pendant qu'on le pouvait encore, on augmentait la charge sur ce point et l'on tendait à accroître encore le déversement. Nous devons ajouter que, dans la descente brusque, la chambre de travail s'était emplie de vase jusqu'au toit; heureusement il n'y avait à ce moment-là personne dans la chambre. Quand on a repris le travail, on a commencé par déblayer du côté d'amont, afin de redresser le caisson; puis, pour l'empêcher de s'enfoncer aussi facilement en aval, on a établi dans cette partie un cuvelage ou plancher formé de madriers et bien étayé contre le toit, de sorte que le caisson, au lieu de porter sur le terrain par le tranchant après l'enlèvement des déblais inférieurs, s'est trouvé reposer sur une surface horizontale assez grande. Le mouvement a donc été arrêté vers l'aval; on en a profité pour réparer le batardeau et exhausser les maçonneries; en même temps que, par des déblais bien conduits à l'amont, on est parvenu à faire enfoncer cette partie, de manière à redresser le caisson. La descente a été ensuite continuée jusqu'au rocher, non sans difficultés et sans craintes, mais au moins sans aucun accident sérieux.

Quand on est arrivé sur le rocher, on l'a trouvé, ainsi que l'indiquaient au reste les sondages, dans une position beaucoup plus

défavorable pour la pile rive droite. Il présentait, en effet, une différence de niveau de $1^m,50$ dans le sens de la longueur de la pile, et des différences de $1^m,15$ à $1^m,30$ dans le sens transversal, pour conduire le tranchant jusqu'au point le plus bas, il aurait fallu beaucoup de temps, car le rocher était un schiste très-dur, et l'emploi de la poudre dans la chambre de travail était impossible. On s'est contenté de déraser ce rocher au pourtour, de telle sorte qu'il présentait sur les 4/5 environ du développement du tranchant une surface horizontale, sur laquelle on a fait reposer ce tranchant, et pour la partie d'aval qui offrait encore une surface allant jusqu'à 90 cent. en contre-bas de cette dernière position du tranchant, on a disposé des palplanches verticales, et formé ainsi une sorte de batardeau, à l'abri duquel on a pu épuiser (la vase extérieure étant très-étanche). On a ensuite taillé le rocher par redans. Afin d'éviter des plans de glissement, on a parfaitement nettoyé la surface, et enfin on a procédé au bétonnage, qui a été fait avec tous les soins déjà décrits pour l'autre pile.

Temps employé. — Le temps employé à la fondation de ces deux piles a été assez considérable, parce que, bien qu'en elle-même l'opération semble pouvoir être conduite rapidement, et présente l'avantage de pouvoir être faite à peu près aussi rapidement à toute hauteur d'eau, on perd beaucoup de temps à l'installation d'appareils difficiles à manier, on est astreint à l'emploi de machines qui demandent des réparations fréquentes, et enfin on est exposé à des accidents occasionnant des retards. En réalité, pour la pile rive droite, on a employé près de trois mois aux installations et à la mise en place du caisson, trois autres mois (du 8 février au 9 mai 1862) au fonçage et au dérasement du rocher, quinze jours au remplissage de la chambre de travail et à l'achèvement des travaux de fondation ; en totalité six mois et demi. Pour la pile rive droite, qui a été poussée très-activement vers la fin, parce que l'on était trop pressé pour l'ouverture de la ligne, on a employé encore plus de trois mois (du 1er avril au 7 juillet) au fonçage et au dérasement du rocher ; le remplissage et l'achèvement des travaux de fondation ont pris onze jours, et c'est seulement le 18 juillet que l'on a pu recommencer les maçonneries en élévation de la pile. Elles

étaient terminées le 5 août, et l'on a pu, dès le lendemain, commencer la mise en place du tablier du pont.

Il ne faudrait pas, des résultats donnés ci-dessus pour le fonçage, chercher à déduire un avancement journalier, parce que la durée du travail tient principalement aux interruptions résultant de bien des causes diverses ; mais ces résultats sont utiles à connaître, afin qu'on ne se fasse pas d'illusions et que l'on ne croie pas que, si le caisson est capable de descendre de 50 cent. par jour, par exemple, on pourra exécuter en un mois une fondation à 15 mètres de profondeur. Il y a dans ces travaux-là beaucoup d'éventualités, dont on doit tenir compte ; mais il faut bien reconnaître aussi qu'à Lorient on était dans des conditions exceptionnellement mauvaises, à cause de l'action des marées, défaut de consistance du terrain et de l'inclinaison du rocher, surtout pour la seconde pile.

Dépenses. — Les travaux avaient été entrepris pour la somme de 200,000 francs, on y a ajouté dans le décompte une somme 7,000 francs, pour réparer une omission au sujet de la taille des moellons ; il faut compter en outre environ 3,000 francs pour frais de surveillance et divers ; la dépense totale s'élève donc à 210,000 francs, soit 105,000 francs par pile, pour une profondeur moyenne de $18^{m},05$ au-dessous des hautes mers. La section de chaque fondation étant de 36 mètres à la partie supérieure, le prix, par mètre superficiel, s'élève à environ 2,900 francs. Ce prix est très-élevé, mais la profondeur était grande et les autres conditions d'établissement très-mauvaises ; il faut considérer, en outre, que la base de fondation est, dans le cas actuel, à très-peu près celle de la pile même, et que par conséquent la superficie de cette base s'est trouvée beaucoup plus complétement utilisée que dans la plupart des autres modes de fondation, de sorte, qu'en réalité, la dépense, comparée à celle des autres ouvrages, n'a rien d'exagéré pour l'ensemble du résultat obtenu.

Mais il n'en est pas moins vrai que le prix du mètre superficiel est fort cher, et que par conséquent le procédé deviendrait extrêmement dispendieux pour des ouvrages ou pour des terrains qui nécessiteraient un grand empatement. Le prix du mètre cube est de 162 francs.

Si l'on cherche à décomposer le prix total en évaluant les maçonneries d'après leurs cubes réels avec les prix élémentaires du projet, en supposant un prix de 60 cent. pour la tôle, dont le poids total s'élève, pour les deux piles, à 86,000 kilog., en admettant que le reste doit être attribué au fonçage et à la mise en place, on aura :

Tôles : 86,000 kilog. à 60 cent.	51,600
Maçonneries d'après évaluation détaillée. . . .	51,800
Mise en place et enfoncement des caissons. . .	90,000
Divers.	16,600
Total.	210,000

Or, comme l'enfoncement dans le terrain n'est en réalité que de vingt mètres pour l'ensemble des deux piles, on voit que le mètre courant a dû revenir à 4,500 francs.

Mais il importe de remarquer qu'à Lorient on n'avait que deux piles semblables à fonder, et que par conséquent les frais de matériel et d'installation grèvent considérablement le prix de revient.

Dans des ouvrages aussi spéciaux que des fondations à air comprimé, c'est aux entrepreneurs qu'appartient principalement le mérite de l'exécution, et il est juste d'ajouter qu'à Lorient, MM. Gouin et Comp. ont eu non-seulement à exécuter le travail, mais encore à projeter les caissons et à combiner tous les appareils nécessaires à leur mise en place.

Aux ponts de la Loire, à Nantes, MM. Ernest Gouin et Comp. ont modifié d'une manière très-heureuse la disposition des chambres d'équilibre.

Les écluses à air, au lieu d'avoir deux petits sas servant l'un et l'autre également aux hommes et aux matériaux, sont plus grandes qu'à Lorient et comprennent trois compartiments distincts. L'un, affecté aux hommes, peut aisément en tenir quatre à la fois, dans un espace suffisamment élevé et éclairé; un second compartiment est destiné à contenir un petit wagonnet, qui communique tantôt avec la chambre d'équilibre, tantôt avec l'air extérieur; lorsqu'il

est en communication avec la chambre d'équilibre, on le remplit avec les bennes qui viennent de monter les déblais, puis on ferme la communication, on écluse, et le wagon, sortant à l'intérieur de son sas, vient se décharger à l'air libre, il rentre ensuite pour recevoir un autre chargement; le troisième compartiment est un cylindre vertical, destiné à l'introduction du béton pour le remplissage de la chambre de travail. Avec un système ainsi perfectionné, le travail s'opère rapidement et avec une grande régularité. Enfin, il faut ajouter que le treuil du montage des déblais, au lieu d'être manœuvré par des hommes, est mis en mouvement par un appareil, dont le moteur est une presse hydraulique. Dans ces conditions, on pourrait facilement extraire par jour 50 mètres cubes de déblais, ce qui correspondrait à un enfoncement d'un mètre, mais la nécessité de remplir en béton une partie correspondante du caisson proprement dit, et d'exhausser la tôle formant batardeau, empêchera très-probablement d'obtenir un fonçage aussi rapide. Il est loin d'avoir été atteint pour les premiers caissons mis en place, et à Nantes comme à Lorient les installations et les essais ont déjà nécessité beaucoup de temps.

Comparant entre eux les différents procédés de fondation qu'il a décrits, M. Croizette Desnoyers exprime l'opinion suivante sur l'emploi de l'air comprimé.

Emploi de l'air comprimé. — L'emploi de l'air comprimé permet de pénétrer jusqu'à de très-grandes profondeurs dans des terrains perméables ou sans consistance; il donne donc le moyen d'aller trouver le rocher, de le nettoyer et de le déraser là où il serait impossible de l'atteindre autrement; il procure, par conséquent, à la construction une base très-solide, donne la faculté d'exécuter le massif de fondation avec tous les soins désirables, et fonctionne d'une manière indépendante de la hauteur des eaux, ce qui permet de travailler presque en toute saison.

Mais en regard de ces avantages, il présente de grands inconvénients, il peut, aux grandes profondeurs, nuire à la santé des ouvriers; il présente de nombreuses chances d'accidents, il exige de longs préparatifs, et enfin il est d'un prix très-élevé. Cette dernière circonstance conduit à réduire autant que possible l'empate-

ment, et diminue beaucoup les garanties de solidité de l'ouvrage.

L'air comprimé peut être employé dans des tubes ou dans des caissons ; les tubes fonctionnent d'une manière plus régulière, et présentent moins de chances d'accident dans la descente ; mais ils sont de petite dimension, ils offrent peu de surface et ne peuvent convenir que pour des travées métalliques. S'ils présentent un grand diamètre, ils occasionnent autant de dépenses qu'un caisson (nous avons vu qu'à Lorient un caisson avait remplacé, sans augmentation de prix, deux tubes de $4^m,50$), et ne donnent pas comme lui une base unique et homogène. C'est donc exclusivement dans des caissons qu'il convient d'employer l'air comprimé pour des piles en maçonnerie. C'est également ainsi qu'il y a lieu de l'utiliser pour établir des culées dans des terrains, de nature à exercer de fortes poussées. Dans ce cas, il suffit d'employer deux caissons parallèles, placés longitudinalement. Cette disposition serait à observer même pour des culées de pont métallique à établir dans des terrains vaseux.

L'emploi de l'air comprimé ne doit évidemment pas être appliqué à des profondeurs au-dessous de dix mètres ; car, jusque-là, il y aurait certainement avantage à fonder, même en pleine rivière, soit par épuisement, soit par béton immergé. En dehors des eaux courantes, l'emploi des épuisements peut être prolongé bien au delà de dix mètres, si le terrain est imperméable, on peut aussi, même lorsque cette dernière condition n'est pas remplie, fonder sur pilotis, pourvu que la disposition des lieux permette de charger préalablement le sol. Dans ces divers cas, l'emploi de l'air comprimé occasionnerait plus de dépenses et doit être écarté. Il faut donc, à notre avis, réserver cet emploi : 1° pour les fondations en rivière au delà de dix mètres de profondeur ; 2° pour les fondations profondes à l'abri des eaux courantes, dans les terrains perméables, lorsqu'il n'est pas possible d'y établir solidement des pilotis, ou lorsqu'en raison de l'importance de l'ouvrage, ce dernier mode, même dans de bonnes conditions, n'est pas jugé suffisant.

Dans tous les cas, lorsque le terrain ne présente pas de résistances latérales, il nous paraîtrait presque indispensable d'augmenter la largeur des caissons en leur donnant de fortes saillies sur la base

des piles, on diminuerait des chances de déversement dans la descente, et l'on accroîtrait beaucoup la stabilité de la fondation.

Sans méconnaître aucun des avantages de ce puissant moyen d'action, nous pensons donc qu'il ne faut pas en abuser, et que, tant à cause de son prix élevé que des chances d'accident qu'il présente, il importe de le réserver pour les circonstances difficiles, là où il serait à peu près impossible d'arriver à une bonne solution par les autres procédés.

Percement du mont Cenis. — Nous avons déjà parlé dans le premier volume des procédés employés pour percer le mont Cenis. Les lignes qui suivent sont extraites d'un rapport présenté aux Chambres italiennes sur les travaux exécutés.

L'air comprimé est approvisionné à l'aide de pompes mises en mouvement par des chutes d'eau, abondantes dans cette partie de la montagne, dans de grands réservoirs en fonte, à parois suffisamment épaisses, placés au bout de la galerie. Il se rend du réservoir dans les cylindres par une petite conduite régnant dans toute la longueur du souterrain. On craignait dans l'origine que l'air comprimé ne s'échappât par les joints des réservoirs ou qu'il ne filtrât au travers des pores du métal. On supposait aussi qu'il pourrait y avoir une grande perte de pression au passage de l'air dans les conduites. L'air ne s'échappe pas des réservoirs, et la perte de pression, même à de grandes distances, est insignifiante[1].

Les machines à air comprimé fonctionnent bien; toutefois M. Someiller lui-même, dans son rapport sur les travaux du mont Cenis, avoue que nulle machine industrielle ne présente des organes plus nombreux et plus délicats. D'un autre côté, la fatigue qu'éprouvent ces machines est énorme; car on calcule que chaque machine donne, par année, 7,250,000 coups de fleuret sous une pression de 90 kilogrammes. Les frais d'entretien doivent donc être considérables, et l'on s'applique à les réduire en améliorant les machines. Les premières machines étaient lourdes et peu puis-

[1] La perte de pression, d'après des expériences faites à Turin, ne serait, avec de l'air à 6 atmosphères, circulant dans des conduits de 10 20 de diamètre, que de 0 03 pour 7 kilomètres de longueur, et de 10 pour 100 dans un tuyau de 25 kilomètres

santes; les dernières leur sont préférables, mais elles laissent encore à désirer.

Les ingénieurs italiens reconnaissent aussi qu'il est nécessaire d'augmenter les moyens de ventilation, surtout pour les grandes distances.

M. Someiller a apporté des perfectionnements importants aux compresseurs, qui, dit-il dans son rapport, peuvent désormais fournir trois fois plus d'air à un prix trois fois moindre. C'est là certainement un beau résultat.

On se propose encore d'aspirer l'air vicié, qui ne s'échappe pas aisément au dehors, surtout du côté de Modane, à l'aide de tuyaux spéciaux ou *gaînes d'aérage*, par lesquels une machine aspirera l'air impur, tandis que par d'autres tuyaux l'air comprimé pur sera refoulé.

La substitution de la lampe à gaz à la lampe à huile produit de bons effets; enfin on essaye, nous a-t-on assuré, de substituer le fulmi-coton à la poudre. Le bourrage offrait des difficultés; on les a surmontées en se servant de sable pour remplir le trou de mine, comme on l'avait fait, il y a déjà longtemps, avec la poudre ordinaire. L'emploi du sable, qui est éminemment inerte, dispense du bourrage.

Le nombre des trous de mine est considérable, en sorte que la roche est réduite en petits fragments. Ne pourrait-on le diminuer, fendre seulement le rocher et le détacher ensuite avec des outils? On épargnerait ainsi de la poudre et on diminuerait la quantité d'air vicié. Ce serait mieux se conformer aux règles de l'art du mineur. Toutefois, hâtons-nous de dire que nous ne prétendons rien apprendre aux mineurs piémontais, qui sont les premiers mineurs du monde.

L'extraction des déblais se fait lentement. Elle exige à des distances de 1000 à 1500 mètres de l'orifice de la galerie environ six heures, en comprenant dans ces six heures deux heures environ pour le tirage des mines, et ce temps augmentera au fur et à mesure que la distance augmentera. Le forage des trous se fait trois fois plus vite avec les machines que par les moyens habituels; mais l'extraction des déblais s'opère avec la même lenteur que dans les ga-

leries ordinaires. Il serait à désirer qu'on pût la rendre plus rapide.

La galerie n'est percée avec les machines que sur 3 mètres de hauteur et 3 mètres de largeur; tandis qu'en définitive elle doit avoir 8 mètres de hauteur au maximum et 10 mètres de largeur à la base. Il faudra donc enlever en dernier lieu des massifs de rochers sur les côtés et au-dessus. Pour cela, comment procédera-t-on? Se servira-t-on des machines ou des hommes? La question est à l'étude; toutefois, on a déjà attaqué les massifs sur une partie de leur longueur avec des hommes, et nous pensons que l'on continuera à les abattre par le même procédé, qui, dans ce cas, devient très-expéditif, puisque l'on peut occuper un grand nombre d'ouvriers à la fois.

L'on a percé, en 1862, du côté de Bardonnèche, avec les machines, 1^{m},05 en moyenne par jour; du côté de Modane, on perce aujourd'hui 1^{m},20. On peut donc affirmer, sans trop risquer de se compromettre, que l'avancement moyen sera en moyenne de 1 mètre au moins à chaque extrémité, soit 2 mètres en tout. Les difficultés de ventilation et d'extraction augmenteront avec la distance, mais les procédés se perfectionneront, ce qui fera compensation.

Les 10,000 mètres environ qui restent à percer, à raison de deux mètres par jour, exigeront douze années, ou à peu près. C'est le chiffre indiqué aux Chambres, récemment, par le général Menabrea. On a déjà employé six années aux travaux du mont Cenis. La durée totale de l'exécution sera donc de dix-huit ans. Dans l'origine, on supposait qu'elle ne serait que de six ans.

Les premières roches traversées étaient des grès appartenant, suivant le savant géologue Amédée Burat, professeur à l'École centrale, à des assises supérieures de la grande formation houillère, puis sont venus des schistes calcaréo-talqueux, imprégnés de quartz, et l'on suppose que les terrains restant à percer sont des roches calcaires, appartenant à la formation du trias. Un petit éboulement, qui a tué trois hommes, a eu lieu au passage d'une couche schisteuse, mais il n'est pas probable que ce genre d'accidents soit fréquent. On a remarqué, à la surface, l'affleurement d'un filon de quartz. Il est douteux que ce filon se prolonge jusqu'au sol de la galerie.

D'après une lettre de date récente qui nous a été communiquée, la chaleur dans la galerie du mont Cenis serait déjà excessive, et comme elle augmentera au fur et à mesure de l'avancement des travaux dans le sein de la montagne, on peut craindre qu'elle ne présente un obstacle sérieux. Espérons qu'on y obviera à l'aide de puissants moyens de ventilation.

Du côté de Bardonnèche, d'après le rapport italien, la roche serait de dureté variable, ce qui rendrait le travail difficile. Du côté de Modane, elle est dure, mais plus homogène.

C'est du moins ce que dit le rapport italien; mais, au moment même où ces lignes étaient imprimées, nous lisons sur le *Moniteur* (mars 1865) qu'on vient de rencontrer une roche facile, ce qui fait espérer une grande accélération des travaux.

On s'est demandé si, la galerie terminée, il ne s'y produirait pas des courants d'air violents, produits par la différence de température des colonnes d'air aux deux extrémités. Cela est peu probable. L'expérience faite de nos grands tunnels devrait seule dissiper toute crainte à cette égard.

Comme outil perforateur, le fleuret laisse certainement beaucoup à désirer. Son mode d'action est fort imparfait et donne lieu à une fatigue excessive du moteur. M. Leschot, ancien élève de l'École centrale, a imaginé pour le remplacer un outil nouveau, ainsi conçu: c'est un anneau en métal, dans lequel on a implanté de petits fragments de diamant noir, variété du diamant qui est plus dure encore que le diamant ordinaire, et qui, par cette raison, sert à le polir. Cet anneau est emmanché à baïonnette sur une tige cylindrique à laquelle une machine imprime un double mouvement de rotation et de translation. La couronne de diamants, si nous pouvons nous exprimer ainsi, appliquée contre la roche, y pénètre alors en perçant un trou annulaire autour d'un noyau cylindrique. Ce trou étant parvenu à une certaine profondeur, 80 centimètres, par exemple, on relève l'outil, et, à l'aide d'un ciseau on fait sauter, avec la plus grande facilité, le noyau cylindrique. Le forage est alors terminé.

Il serait difficile de donner la mesure exacte du travail que peut faire, dans une roche de dureté donnée, l'outil de M. Leschot sans

qu'il soit nécessaire de le réparer ou de le remplacer; il faudrait, pour cela, l'avoir employé pendant un laps de temps d'une certaine durée, ce qui n'a pu encore avoir lieu. Les premiers outils n'ont pas percé au delà de 100 mètres, mais le diamant n'était fixé qu'imparfaitement à l'anneau en métal. Ce n'est pas sans difficulté qu'on est parvenu à l'assujettir solidement. On a réussi, toutefois, et l'on espère qu'avec l'outil perfectionné actuel on pourra atteindre une longueur de 200 mètres au moins. Le diamant noir, attaqué alors, quoique faiblement, par le travail, est monté de nouveau ou vendu pour polir le diamant blanc. A peine aura-t-il perdu une partie de sa valeur.

Une machine Leschot est à l'essai sur le chemin de Paris à Lyon par le Bourbonnais, entre Roanne et Lyon, une autre est employée, également à titre d'essai, dans une mine dont l'exploitation est dirigée par M. Amédée Burat, et plusieurs machines nouvelles ont été commandées. Elle paraît être avantageuse surtout dans des terrains très-durs, difficilement entamés par le fleuret.

Neiges. — La Compagnie d'Orléans, dans le but de se préserver des amoncellements de neiges, a envoyé en Allemagne un de ses ingénieurs, M. Nordling, pour y étudier les procédés employés. — Voici quelles sont les conclusions de son rapport, qu'on trouvera *in extenso* aux documents placés à la fin de ce volume.

La situation générale de la ligne du Cantal se présente donc sous un jour relativement favorable, et tout ce qu'une sage prévoyance peut commander me paraît devoir se résumer dans les règles suivantes :

En vue de diminuer la formation des amoncellements de neiges :

1° Tenir la plate-forme plutôt en remblai qu'en déblai, et éviter autant que possible les très-faibles tranchées;

2° Employer le personnel des travaux, pendant les trois hivers au moins qui précéderont l'ouverture de la ligne, à observer et à étudier le régime des neiges et des vents à l'emplacement de chaque tranchée; déterminer, en conséquence, la disposition des plantations et des écrans provisoires, et procéder en temps utile à leur exécution;

3° En vue de cette éventualité, éviter ou écarter les chemins

latéraux parallèles aux tranchées, surtout du côté amont par rapport au vent régnant ;

4° Écrêter les tranchées à flanc de coteau les plus exposées (c'est-à-dire enlever leur talus du côté du thalweg), et aplatir certains talus de déblai plutôt que d'ouvrir des chambres d'emprunt spéciales.

Pour faciliter la circulation et le travail des chasse-neige :

5° Augmenter la largeur des tranchées en rocher, dites rétrécies (5 mètres au fond des fossés pour la voie unique), et la porter à 6 mètres au moins ;

6° Supprimer les trottoirs des stations entre Murat et Thiézac inclusivement.

Enfin, pour faciliter le travail de la pelle :

7° Supprimer les parapets, et les remplacer sur les viaducs et les murs de soutènement par de simples lisses.

VOIE

Des rails. — L'une des questions qui préoccupent le plus les ingénieurs de chemins de fer est celle de prolonger la durée des rails.

Cette durée, variant de cinq à vingt ans, est modifiée par un grand nombre de causes que nous avons déjà indiquées. (*Voir* chap. VII.) Parmi ces causes, il faut placer, en première ligne, le mode de fabrication. Nous avons déjà fait connaître une partie des essais tentés pour améliorer cette fabrication. Un débat fort intéressant sur la question de la durée et sur celle des procédés de fabrication ayant eu lieu récemment à la Société des Ingénieurs civils, nous croyons devoir la résumer, et y ajouter les résultats de quelques observations qui nous sont personnelles.

Plusieurs ingénieurs très-expérimentés, présents à la réunion, ont fourni des données sur la durée des rails, qui compléteront celles que nous avons introduites dans le chapitre VII.

Opinion de M. Flachat. — M. Flachat admet une durée moyenne de dix à douze ans, seulement pour les rails employés sur nos grandes lignes.

Voie du Nord. M. Alquié. — M. Alquié, ingénieur du matériel fixe au chemin de fer du Nord, ne fournit pas de données précises sur la durée des rails primitivement posés au chemin du Nord.

Ce chiffre est, dit-il, fort difficile à établir. Il dépend, en grande partie, de l'importance de la circulation qui varie beaucoup non-seulement par réseau et par ligne, mais même par fraction de ligne. Ainsi, sur le réseau du Nord, le nombre des trains, par vingt-quatre heures, était, en 1862, de 83 entre Paris et Saint-Denis, de 32 à 35 entre Saint-Denis et Creil; de 29 entre Pontoise

et Paris, de 20 entre Creil et Amiens, pour se réduire successivement et ne plus être que de 7 et 9 entre Hazebrouck, Dunkerque et Calais.

Au Nord, on note avec soin les rails retirés des voies. M. Alquié a traduit en courbes les résultats des dix dernières années, en prenant pour abcisses les années et pour ordonnées les quantités totales de rails retirés des voies depuis l'origine. Les courbes obtenues sont sensiblement paraboliques, et on en déduit une durée moyenne de vingt et un ans pour les rails à double champignon, et de vingt-sept ans pour les rails vignoles. Mais il ajoute qu'une durée moyenne de vingt ans pour les rails sur tout le réseau du Nord ne correspond pas à une durée supérieure à quatre ou cinq ans sur le chemin de Paris à Saint-Denis.

Le résultat est également influencé par la diversité des produits des différentes usines, et M. Alquié est d'avis que dans l'évaluation de la moyenne on ne doit pas tenir compte des fournitures exceptionnellement mauvaises, parce qu'on devra pouvoir obliger les usines qui les ont produites à modifier leur fabrication et à obtenir les résultats des meilleures usines, ou au moins à s'en rapprocher.

Il n'est pas douteux, en effet, que la fabrication puisse être conduite dans tous les établissements, de manière à donner de meilleurs produits que la moyenne de ceux connus.

Ainsi les rebuts dans les délais de garantie qui, à l'origine de l'application de cette clause dans les cahiers des charges se sont élevés à 10 et 12 pour 100, n'ont pas atteint 6 10 pour 100 à l'usine de Vendel; et, cependant, la garantie est appliquée très-rigoureusement, puisqu'on compte les plus petites avaries, sur des parties de ligne parcourues, en moyenne, par vingt trains par jour.

Les anciennes garanties, au contraire, étaient un peu illusoires, en ce sens qu'on comptait les rails avariés de toutes ces fournitures, répartis d'une façon quelconque sur le réseau et posés, quelquefois en grande proportion, sur des parties de lignes neuves très-peu fréquentées, et n'ayant souvent que quelques mois d'exploitation à l'expiration de la garantie.

M. Alquié pense, enfin, que la composition chimique du fer a une grande influence sur la durée des rails.

Voies anglaises. M. Dallot et M. Lan. — M. Dallot, qui a étudié les chemins de fer en Angleterre, indique que des rails de choix, à double champignon, fournis par les usines du centre du Yorkshire, étaient sur le chemin Great Northern, l'un des plus fatigués de l'Angleterre, retournés au bout de huit ans, et hors de service au bout de dix à douze ans.

En général, ajoute-t-il, en Angleterre, sur la partie courante des lignes, la moyenne de durée est de six à dix ans; mais, aux abords des gares, où la circulation est plus active et où se fait sentir l'action des freins, de même que sur les lignes de Londres au littoral, la durée moyenne n'est guère que de trois à quatre ans.

Nous avons déjà cité M. Lan, qui indique que sur le Great Northern on fixait seulement à cinq années la durée des rails sur la partie la plus fatiguée du réseau.

Voie d'Orléans. M. Forquenot. — M. Forquenot, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, interrogé par le président sur la durée des rails du chemin d'Orléans, répond que la ligne d'Orléans a été construite avec rails à double champignon de 30 kilog., ainsi que celle de Paris à Corbeil. Toutes les autres lignes du réseau ont été munies de rails plus lourds; les sections du centre ont été construites avec rails de 34 kilog.; les lignes de l'ancienne compagnie de Bordeaux avec des rails de 35 kilog.; celles de Tours à Nantes avec rails de 34 kilog.; sur la ligne de Paris à Orléans, la plus fréquentée de toutes, le renouvellement a été fait, il y a huit ans en moyenne, avec un rail à double champignon de 36 kilog., éclissé en porte à faux; cette voie, très-fréquentée, est encore en très-bon état, et résiste parfaitement grâce à la bonne qualité du ballast et à un entretien très-soigné. Sur les lignes du centre, certaines parties de voies ont seize ans d'existence; le renouvellement s'effectue à raison de 30 kilomètres environ par an, et il faudra encore plusieurs années avant qu'il soit complété.

Sur la ligne de Bordeaux, le renouvellement a été effectué, il y a deux ou trois ans, entre Orléans et Tours; les anciens rails servent

encore, entre Tours et Bordeaux, à l'entretien des voies, dont l'âge est environ de treize ans en moyenne, et dont l'éclissage a été fait il y a cinq ans.

Sur la ligne de Tours à Nantes, la section de Tours à Angers a environ quinze ans d'existence, et l'on y commence un renouvellement partiel.

M. Forquenot ignore quel est le chiffre des rails mis hors de service; mais il est certain que les quantités varient beaucoup suivant les usines, et ce fait a été établi avec des rails de provenances différentes.

Sur les voies en forte rampe, telles que la rampe d'Étampes, qui, cependant, n'a que 8 millimètres, la voie descendante est beaucoup plus rapidement détériorée que la voie montante, à cause de l'action répétée des freins. — Sur les premières sections du réseau central, mises en exploitation, la voie est en rails à double champignon; il fallut, peu de temps après la mise en service, éclisser toutes les parties en rampe de 10 à 16 millimètres, les rails glissaient dans les coussinets malgré les coins.

Voie d'Orléans. M. Sevene. — M. Sevene, ingénieur en chef de la voie, au chemin d'Orléans, indique que la voie primitive de Paris à Orléans, formée de rails de 30 kilog., a été renouvelée au bout de treize ans, et remplacée par une voie du nouveau modèle, c'est-à-dire en rails de 36 kilog. éclissés. Cette dernière voie est encore en usage; elle date moyennement de huit ans, et un cinquième seulement des rails a été remplacé.

Sur les prolongements, les voies primitives subsistent encore, et leur situation se résume ainsi qu'il suit :

La voie du centre (Orléans, Bourges) en rails de 36 kil. non éclissés a dix-sept ans de service. La proportion des rails remplacés est de 35 pour 100. Il y a lieu de remarquer que, sur cette voie, le remplacement représente plus que l'usure, parce que les renouvellements effectués n'ont pas servi seuls à l'entretien de la section dont il s'agit. Ils ont alimenté, en outre, la section voisine.

La voie d'Orléans à Bordeaux, en rails de 35 kilog. éclissés après coup, date de quatorze et demi en moyenne, et les rails remplacés représentent 34 pour 100 de la longueur totale. La voie de Tours à

Nantes, en rails de 34 kilog. non éclissés, remonte à quatorze ans, et la proportion des renouvellements est de 31 pour 100.

En rapprochant ces différents résultats, et les ramenant à une unité commune, eu égard aux trafics respectifs des lignes concédées, on est conduit à cette conclusion, que, pour un trafic modéré, tel que le trafic moyen de l'ancien réseau d'Orléans, qui est d'environ 45,000 fr. par kilom., la levée des rails en double voie doit dépasser vingt années.

L'amélioration de la qualité du fer à rails n'en est pas moins un objet d'une grande importance. Toutes les Compagnies font leurs efforts pour l'obtenir. La Compagnie a augmenté dans ce but les garanties imposées par le cahier des charges; elle en exige l'application rigoureuse. Mais, au point de vue métallurgique, elle laisse une grande liberté aux usines dans leur procédé de fabrication.

Voie de Lyon. Méditerranée. M. Chaperon. — M. Chaperon pense que le mode de fabrication exerce une grande influence sur la durée des rails. Il a remarqué trois périodes bien distinctes dans leur production. Dans la première, antérieure à la création des grandes lignes françaises, les rails étaient excellents. Ainsi, sur la ligne d'Avignon à Marseille, les rails étaient faibles, ils ne pesaient que 30 kilog. par mètre, et on ne les a remplacés que tout récemment. La ligne de Strasbourg à Bâle a été posée en rails de 25 kilog. seulement, qui ont également fait un bon service.

Plus tard, la fabrication s'est gâtée; ainsi, sur la ligne de Paris à Tonnerre, les rails du poids de 37 kilog. et 1 2 n'ont pas duré, en moyenne, plus de douze ans. Sur la ligne de Châlons à Lyon, ouverte depuis 1854, les voies ont été éclissées sans qu'on remplaçât les rails, et on espère une durée plus grande que douze ans. Cependant M. Chaperon n'ose pas se prononcer, car les dernières années sont fatales. Il arrive, en effet, un moment où presque tous les rails périssent à la fois, c'est ce moment qu'il faut tâcher de reculer le plus possible; et il pense que la fabrication actuelle, qu'il considère comme la troisième période, est suffisamment en progrès sur la deuxième pour qu'on puisse espérer une durée moyenne de plus de douze années.

Nature du métal. — Quant à ce qui est de la nature du métal

des rails, M. Alquié admet que, dans les conditions ordinaires, les rails actuels en fer, avec une surveillance convenable de la fabrication, sont parfaitement suffisants pour la voie courante, à quelques exceptions près. — Les rails en acier Bessemer, proposés pour remplacer les rails en fer, sont vendus aujourd'hui à un prix qui est trois fois celui des rails ordinaires. Si la plus-value était seulement de 25 pour 100 de la valeur actuelle des rails, la question changerait, et peut-être alors y aurait-il lieu de leur donner la préférence.

M. Sevene, ingénieur en chef de la voie, au chemin de fer d'Orléans, indique qu'une commande de rails en acier Bessemer a été faite pour remplacer les rails actuels sur la voie descendante de la rampe d'Étampes, qui n'est cependant que de 8 millimètres. Les rails ordinaires s'usent sur cette voie avec une rapidité extrême, par suite de l'action continuelle des freins; plus de la moitié des rails ont succombé pendant le délai de garantie imposé aux usines.

M. Flachat propose l'emploi de l'acier Bessemer, comme moyen de diminuer la flexibilité des rails. M. Tresca dit que, au contraire, il résulte d'expériences que le métal Bessemer est plus flexible que le fer. Son principal avantage sur le fer n'est pas une plus grande roideur, mais une plus grande résistance à la destruction, provenant de ce qu'étant fondu, il n'est pas exposé, comme le fer, au dessoudage. M. Flachat conteste l'exactitude des assertions de M. Tresca, relativement à la flexibilité du métal Bessemer.

M. Alquié suppose que la composition chimique du fer a une grande influence sur la durée des rails, et les analyses qu'il a faites l'ont porté à penser que le phosphore pouvait, dans une certaine mesure, donner à la partie qui sert au roulement les propriétés qu'on doit rechercher : facilité de travail à chaud, dureté à froid.

Ces analyses ont, en effet, démontré que les rails, provenant des meilleures usines, étaient ceux qui contenaient la plus grande quantité de phosphore. Toutefois, M. Alquié ne soumet ces résultats que sous réserve, les recherches, dans ce sens, n'ayant été ni assez multipliées, ni peut-être assez précises.

Poids des rails. — M. Flachat voudrait que pour augmenter la

durée des rails, si l'on n'emploie pas l'acier Bessemer, on en augmentât le poids. Les rails actuels, dit-il, fléchissent entre les points d'appui. Les vitesses de 70 kilomètres deviennent inconfortables pour les voyageurs. On a augmenté le poids du matériel sans augmenter proportionnellement celui des rails.

M. Couche, ingénieur en chef des travaux, au chemin du Nord, pense qu'actuellement la voie du Nord est bien proportionnée aux conditions de travail qu'elle doit supporter, et qu'il n'y a pas lieu d'imposer une limite au poids du matériel. La voie trouve une garantie suffisante dans la condition à laquelle le matériel est soumis de ne pas détruire les bandages.

Forme des rails. — Tout le monde est d'accord sur la préférence à donner à la voie Vignoles, moins coûteuse que la voie à coussinets, plus résistante parce que l'on emploie du fer nerveux pour la base, plus douce et plus facilement éclissable. Avec le rail Vignoles, dit M. Chaperon, les éclisses simples donnent de très-bons résultats, tandis qu'avec le rail à double champignon, si on veut que le joint ne soit pas en porte à faux, il faut recourir au coussinet éclissé, qui n'épouse jamais bien les formes du rail, et donne généralement un éclissage médiocre. Sur le chemin du Midi, toutefois, d'après M. Mathieu, le rail à double champignon a été préféré au rail Vignoles, parce qu'on a craint qu'avec le rail Vignoles les chevillettes ne tinssent pas dans les traverses en bois de pin, qui devaient être à peu près exclusivement employées sur tout le réseau. On a été très-satisfait de la voie à double champignon ; les coussinets tiennent bien sur les traverses, et la voie est très-solide.

M. Chaperon se prononce contre le modèle de rail à champignons non symétriques.

En Angleterre, on emploie exclusivement ou à peu près le rail à double champignon.

Mode de fabrication. — La compagnie du Nord s'est occupée plus particulièrement d'améliorer la fabrication des rails. M. Alquié rend compte des efforts qu'elle a faits dans ce but.

« Une condition essentielle à remplir pour augmenter la durée des rails, c'est d'améliorer la soudure des éléments dont se compose

le paquet, principalement des éléments de la couverture et de cette couverture au corps du rail. Il est, en effet, bien constaté que les rails ne s'usent pas, dans le sens propre du mot, mais bien qu'ils se détériorent tous. Les flexions répétées auxquelles ils sont soumis séparent presque toujours les parties supérieures des champignons. Il faut donc combattre la dessoudure.

« Le moyen le plus efficace pour atteindre le but nous a paru être le triage minutieux des fers puddlés et ensuite le classement convenable des natures de fer dans le paquet. »

La fatigue du chemin du Nord lui a démontré que le paquet doit être ainsi composé pour la confection d'un rail Vignoles.

1° Une mise supérieure en fer corroyé d'une seule pièce, destinée à former la surface de roulement en fer à grain fin, représentant en poids le cinquième de la masse totale ;

2° Sous le corroyé, deux mises, au moins, en fer puddlé à grain fin, bien exactement de même nature que la mise supérieure ;

3° Le tiers au plus de la partie inférieure en fer nerveux ;

4° Le reste du paquet, autant que possible, à grain fin, mais avec une tolérance de fer métis, c'est-à-dire présentant un mélange de grain et de nerf.

« En n'ayant ainsi que des fers de même nature en contact dans le champignon, on réunit les plus grandes chances de soudure.

« Les usines qui ont adopté franchement cette méthode de classement ont donné les meilleurs rails.

« Ainsi deux usines anglaises ont fourni des rails Vignoles au Nord, l'une a observé le cahier des charges à la lettre, l'autre n'a pas voulu changer sa fabrication habituelle ; la première n'a pas eu 1 1/2 pour 100 de rebut dans le délai de garantie, l'autre a eu 12 pour 100.

« La méthode de classement, adoptée avec empressement par l'usine belge de Cley-le-Château et par M. de Vendel, leur a permis de fournir d'excellents produits. »

M. Alquié pense que la supériorité des rails de l'usine de Vendel n'est pas seulement due au bon classement des fers, mais qu'elle tient aussi au mode de fabrication du corroyé, aux fortes dimensions du paquet et du laminage en deux chaudes.

« Dans presque toutes les usines, les paquets pour convertes sont composés de mises horizontales. M. de Vendel les compose de mises verticales; il en met treize dans un paquet. »

« L'usine anglaise qui a fourni les meilleurs rails a fait de même. La bonne influence de ce mode de fabrication est facile à saisir. On conçoit, en effet, que, malgré le soin apporté au classement, le corroyé puisse contenir des mises mal disposées à se souder au reste du paquet; celles-là seules ne sont pas adhérentes si les mises sont verticales; si, au contraire, elles sont horizontales; on court la chance d'avoir justement, au contact du corps de rail, une de ces mises non soudantes, et, par suite, un défaut général d'adhérence entre la couverte et le corps du rail. »

M. Alquié présente à la Société une section de rail attaquée à l'acide, dans laquelle on ne constate que deux mises sur treize non adhérentes; il y a, par conséquent, dans ce rail 11 13 du corroyé bien soudés. Si un de ces 11 13 s'était trouvé horizontalement à la partie inférieure du corroyé, la soudure eût été complétement mauvaise.

M. Alquié a cherché à vérifier le fait expérimentalement, et, pour cela, il a soumis aux coups répétés d'un martinet deux bouts de rails bien fabriqués, provenant d'usines différentes. Dans l'un, le corroyé était composé de mises horizontales, il s'est détaché tout d'une pièce. Le corroyé de l'autre était à mises verticales, il a été impossible de le détacher, il s'est simplement criqué. Enfin, le laminage tend à resserrer les mises du corroyé, dans le premier cas; tandis que, au contraire, avec les mises horizontales, il tend à les isoler.

M. Flachat ne pense pas qu'on puisse obtenir de bonnes soudures, tant qu'on composera les trousses de deux espèces de fer.

M. Alquié répond que si les fers en présence sont bien de même nature (de même texture), ils se soudent très-bien. Il lui est arrivé souvent de voir de très-mauvaises soudures avec des couvertes minces, qui pourtant se chauffent facilement, tandis qu'on obtient de très-bonnes soudures, chez M. de Vendel, avec des couvertes de $0^m,04$ d'épaisseur. Ce n'est pas qu'il considère l'épaisseur de 4 centimètres comme une cause de bonne soudure. Il veut dire

seulement que, malgré cette épaisseur, l'usine de M. de Vendel était parvenue à bien souder, parce que les fers étaient bien assortis dans le paquet.

M. Ledru, ingénieur en chef, directeur des travaux, au chemin de fer de l'Est, croit que le mode de fabrication des rails, indiqué par M. Alquié, peut être admis par toutes les Compagnies, et accepté par les usines. En faisant un cahier des charges sérieux, et en tenant la main à son exécution, on atteindra toujours le résultat désiré.

Conclusions tirées des faits qui précèdent. Opinion de l'auteur. — En résumé : La durée des rails est très-variable. Il faut compter parmi les causes qui exercent la plus grande influence sur cette durée :

Le trafic ;

L'inclinaison de la voie.

La courbure de la voie ;

Le mode de construction et d'entretien de la voie ;

La nature du ballast ;

La nature du métal qui compose la voie.

La forme des rails ;

Le mode de construction du matériel.

Sur les chemins anglais les plus fatigués, où le service des voyageurs se fait à grande vitesse avec des machines dont les roues motrices sont très-chargées, les rails ne durent pas au delà de quatre à cinq ans.

Il en est de même sur la portion du chemin du Nord comprise entre Paris et Saint-Denis.

Sur les chemins d'Angleterre moins fatigués la durée des rails est de dix à douze ans.

Sur nos grands réseaux, la circulation dans les différentes sections variant entre des limites assez écartées, il en est de même de la vie des rails. Sur des embranchements, la durée peut atteindre vingt ou vingt-cinq ans.

La durée moyenne ne paraît pas avoir généralement dépassé de beaucoup douze ans. Mais les rails étaient souvent mal fabriqués et pendant longtemps n'ont pas été éclissés.

Il y a lieu de croire que les rails fabriqués aujourd'hui avec un

soin particulier dureront plus longtemps, quinze, dix-huit et peut-être vingt ans, en moyenne, sur un réseau médiocrement fatigué. Il paraît sage toutefois, dans l'état d'incertitude où l'on se trouve encore aujourd'hui d'établir le calcul des frais d'entretien sur les bases adoptées par le chemin de l'Est, et indiquées page 62 du deuxième volume, dût-on rester un peu au-dessous de la vérité pour la durée des rails.

L'emploi qu'a fait M. Alquié des courbes qu'il a tracées pour calculer la durée des rails, qu'il porte à vingt-sept ans, ne nous paraît pas suffisamment justifiée. Ainsi que plusieurs ingénieurs l'ont fait observer à la société des ingénieurs civils, et ainsi que nous l'a appris une longue pratique, le dépérissement des rails n'a pas lieu graduellement, il se manifeste presque brusquement et a lieu avec une certaine rapidité dans les dernières années. Le tracé des courbes, quoique offrant un grand intérêt, ne saurait donc nous fournir des données précises sur la durée des rails.

Les rails se fatiguent exceptionnellement sur les fortes pentes où l'on fait usage fréquemment du frein à la descente.

Au Sommering, sur une voie où les pentes atteignent 25 millimètres et où les rayons de courbure descendent à 190 millimètres.

M. Koller nous communique la note suivante sur la durée des rails des chemins de fer du Nord et de l'Est de la Suisse :

Depuis l'ouverture des lignes de Rohrschach à Saint-Gall, et d'Olten à Sissach, on a refait complétement la première voie posée. Rohrschach-Saint-Gall a été ouvert le 25 octobre 1856, Sissach-Laufelfingen le 1[er] mai 1857, Laufelfingen-Olten le 1[er] mai 1858. Par conséquent, la première voie a été renouvelée après une durée de cinq à sept années. Il faut toutefois remarquer : 1° que Rohrschach-Saint-Gall est à une voie, et a toujours été desservi par dix à douze trains journellement dans les deux sens ; 2° que Sissach-Olten a été pendant quelque temps à une voie, servant à un trafic de douze à seize trains par jour dans les deux sens ; 3° que les deux voies rechangées étaient encore en état de servir lorsqu'on les a remplacées, mais qu'on les avait reconnues trop faibles pour l'emploi des grosses machines ; 4° que non-seulement les rails des premières voies étaient trop faibles, mais encore que le fer en était

trop doux. Ces rails ont été remplacés sur la ligne d'Olten à Sissach par des rails du Creusot dont on est très-content.

Quant à ce qui est de la nature du métal composant la voie, les rails en fer bien fabriqués paraissent devoir, à quelques exceptions près, être préférés, jusqu'à nouvel ordre, aux rails en acier Bessemer, qui sont encore beaucoup trop coûteux, et sur les qualités desquels une longue pratique n'a pas encore prononcé. Ce n'est pas seulement les rails Bessemer que l'on se propose d'employer sur des parties de voie très-fatiguées; M. Etzel, au passage du Brenner compte se servir de rails avec tête en acier fondu. Pour les changements et croisements de voie, on renonce assez généralement à l'acier puddlé, dont la durée est trop variable, mais on emploie communément avec le métal Bessemer l'acier fondu et l'acier Verdié.

Nous partageons l'opinion de MM. Couche et Alquie sur le poids des rails. Nous croyons que les rails actuels sont suffisamment pesants. Nous ne voyons pas d'inconvénients à ce qu'ils fléchissent dans une certaine mesure, s'ils sont suffisamment élastiques. Des rails trop roides donneraient une voie dure, fatigante pour le matériel et pour les voyageurs. Reconnût-on d'ailleurs que les rails actuels sont trop flexibles, il vaudrait mieux, selon nous, rapprocher les points d'appui que d'augmenter le poids. Des rails plus lourds que les rails actuels seraient difficiles à manier, et ils nécessiteraient l'emploi de trousses, dont le chauffage et le laminage seraient plus difficiles à diriger. La supériorité des anciens rails de 30 kilog. tient peut-être en partie à ce que ces deux opérations étaient plus faciles à conduire avec des trousses légères qu'elles ne le sont avec les trousses actuelles.

En ce qui concerne le service des rails, nous regardons le rail Vignoles comme supérieur aux rails à champignon, parce qu'il coûte sensiblement moins et donne une voie plus douce. Dût-on néanmoins continuer à employer le rail à champignon avec des traverses en bois tendre, comme on le fait au chemin du Midi et sur les chemins anglais, nous croyons que l'on devrait alors préférer le rail à champignons non symétriques au rail à champignons symétriques. M. Chaperon n'a donné aucune raison pour motiver l'opinion défavorable à ce rail qu'il a exprimée, et en constatant la

longue durée du rail d'Avignon à Marseille, il en a fait ressortir les avantages. Cette longue durée doit être attribuée, a-t-il dit, à la bonne qualité du métal dont il était composé, mais cette bonne qualité tient à la forme de ce rail, qui est à simple champignon. Il est bien établi qu'avec un rail à double champignon il eût été impossible d'obtenir un rail aussi résistant, et quant aux avantages du retournement, que l'on avait fort exagérés dans l'origine, on les a réduits aujourd'hui à leur juste valeur. Les rails d'Avignon à Marseille ont duré plus longtemps que n'ont duré, dans les mêmes conditions de fatigue, des rails à doubles champignons retournés. Il est à regretter que les ingénieurs constructeurs de chemins de fer, la plupart étrangers à la science métallurgique, ne se soient préoccupés que de la résistance théorique des rails, et n'aient eu aucun égard à la qualité du métal dépendant en partie de la composition des trousses. On trouve volume II°, page 13, des considérations plus étendues en faveur du rail dissymétrique. Il est inutile que nous les reproduisions.

Nous avons au même chapitre traité du tracé à adopter pour les rails à champignons ou à patins.

Nous croyons, comme M. Ledru, que l'on ne pouvait mieux faire que d'adopter pour la composition des trousses en fer de deux numéros, celle que prescrit le cahier des charges du Nord. Il résulte d'expériences faites par nos agents dans les usines, que les fers de même numéro, même de texture différente (grenue et nerveuse), se soudent plus difficilement les uns aux autres que celle de numéros différents de même texture.

Si des couvertes d'une certaine épaisseur (40 millim.), comme celles du Nord, donnent de bons résultats, on en a toutefois obtenu également de satisfaisants avec des couvertes moins épaisses (25 millim.)

Ce n'est pas seulement avec des trousses composées de deux especes de fer que l'on peut obtenir de bons rails; nous avons déjà dit que l'on en fabriquait aussi de très-bons, de meilleurs peut-être, en Allemagne, avec des trousses composées d'une seule espèce de fer, le fer ébauché.

A Bourbach près Sarrebrück, on a modifié le procédé que nous avons décrit en remplaçant le marteau-pilon qui écartait les mises

lorsqu'on frappait sur la trousse de champ, par des cylindres compresseurs (*blooming*).

Les avantages du mode de fabrication des couvertes, indiqué par M. Alquié page 248, nous semblent contestables.

Note sur le laminage des couvertes de champ. — On se souvient que ce mode de fabrication consiste à passer le paquet de telle façon que, dans le rail fini, les mises de la couverte soient verticales (fig. 12). M. Alquié admet que cette disposition augmente les chances de soudure entre la couverte et le fer ébauché, par ce motif que, sur les treize mises de la couverte en contact avec l'ébauché, il doit s'en trouver toujours un certain nombre qui soudent, tandis que, dans le laminage à plat, si la mise inférieure est insoudable, on n'obtient pas de réunion entre la couverte et le corps du rail.

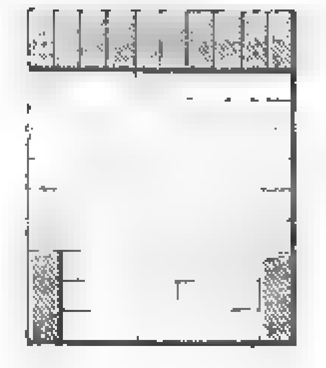


Fig. 12. — Composition d'une trousse.

A ceci on peut répondre :

1° Que la soudure dépend autant de la nature du fer ébauché en contact avec la couverte que celle de la couverte elle-même, l'expérience des usines montre, en effet, que le fer corroyé ou ébauché à grains se soude bien avec l'ébauché à grains, et que ni l'un ni l'autre ne se soudent avec l'ébauché à nerf;

2° Qu'une soudure radicalement mauvaise vaut mieux dans l'intérêt des Compagnies qu'une soudure partielle, parce qu'elle se reconnaît à la réception; ou que, si elle échappe, elle sera découverte dans le délai de garantie, et tombera à la charge du fournisseur;

3° Que le laminage de champ favorise la fente verticale des rails, ainsi que cela a pu être très-nettement constaté sur des rails PS, fabriqués à Styring en 1859 et 1860.

Le chemin de fer du Nord cite, à l'appui de son opinion, l'expérience suivante : Un rail de Styring, à couverte de champ, a été martelé jusqu'à désagrégation de la couverte, sans qu'il ait été possible de séparer celle-ci du corps du rail, tandis qu'un rail à couverte à plat *d'une autre usine* ayant été soumis à la même épreuve, la couverte s'est détachée d'une pièce sur toute la lon-

gueur de la barre. Cette expérience ne serait concluante que si elle avait été faite sur des rails de la même usine, et nous pouvons lui opposer le résultat suivant :

Sur 2,582 rails PS, à couvertes à plat de 25 millimètres d'épaisseur, posés entre Sorcy et Commercy, il n'y a eu, au bout de deux années de service, que 3 rails très-légèrement détériorés. Bien que nous n'ayons pas de rails à couvertes de champ placés dans des conditions comparables de circulation, il est évident que ce résultat est très-favorable, et n'implique au moins aucune infériorité des couvertes à plat de l'usine de Styring.

Passages à niveau. Barrières. — Nous avons, dans le premier volume de cet ouvrage, donné trop peu de détails sur les barrières des passages à niveau, nous pensons devoir les compléter par les notes suivantes :

Les passages pour piétons juxtaposés aux barrières ne sont, le plus souvent, munis que d'un tourniquet qui n'empêche pas les animaux de moyenne taille de s'engager sur la voie. Il est préférable, afin d'éviter cet inconvénient, de disposer la fermeture de la manière suivante :

A côté du poteau P (fig. 13), servant de battement à la barrière, on pose un potelet A sur lequel on ferre une petite porte *p* à un

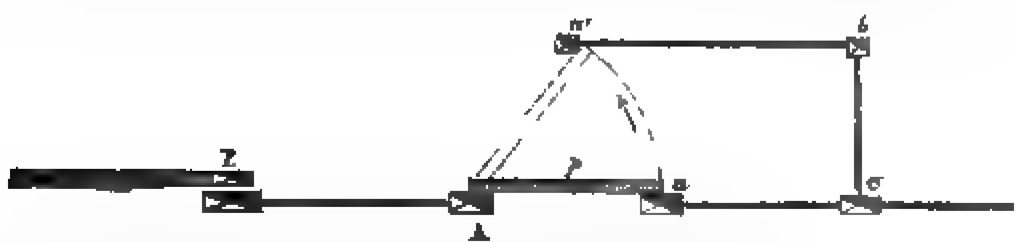


Fig. 13. — Barrière pour piétons.

ventail, cette porte a pour battement normal le potelet *a* et pour battement accidentel le potelet *a*. Le trapèze A, *a*, *c*, *b*, *a'*, est fermé des quatre côtés par la porte et par un treillage.

Quand un piéton veut traverser la voie, il pousse la porte *p* qui, en se développant, vient battre sur le potelet *a'*, et se trouve ainsi dans l'intérieur du trapèze, d'où pour pénétrer sur la voie, il est obligé de refermer la porte sur lui-même, et de la remettre dans sa position première, ce que ne pourrait faire un animal.

La figure 14 représente la disposition d'un passage à niveau avec sa maison de garde, ses haies, ses barrières et son tourniquet pour les piétons.

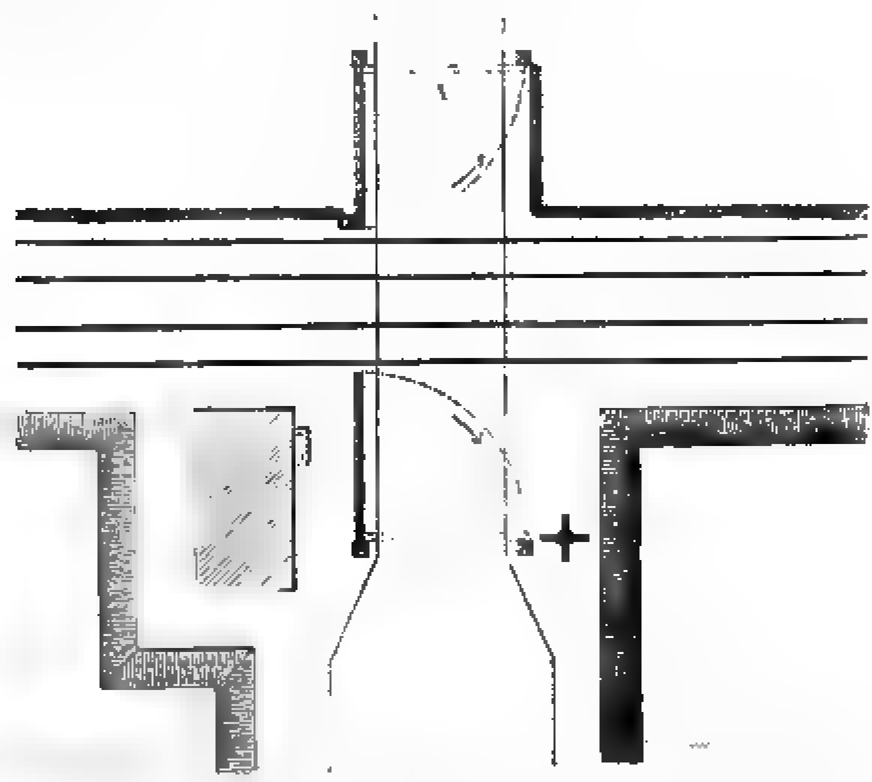


Fig. 14 — Plan d'ensemble d'un passage à niveau.

Les barrières sont de différents modèles, suivant l'importance et la largeur des passages à niveau.

Dans les passages peu fréquentés et où ne circulent pas les bestiaux on n'emploie qu'une simple lisse assemblée sur un montant vertical (fig. 15) et soutenu par une contre-fiche, puis on ferre sur



Fig. 15. — Barrière pour passage peu fréquenté.

l'un des poteaux et on fait battre sur l'autre; ce système fort économique est surtout employé en Allemagne et en Suisse.

Quand deux passages sont voisins, on les ferme à l'aide d'une grande lisse sollicitée à se relever par un contre-poids placé à l'une de ces extrémités (figure 16); un boulon passant au travers du poteau et de la lisse fait office de charnière ; à l'autre extrémité est un

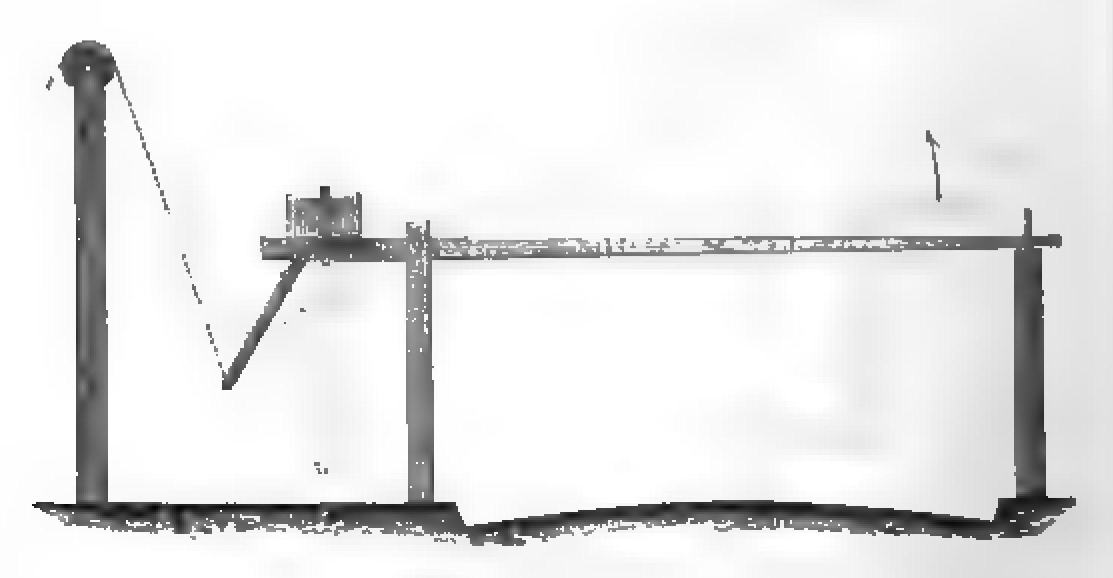


Fig. 16. — Barrières employées en Allemagne et en Suisse.

autre poteau surmonté d'une fourchette en fer qui empêche la lisse de dévier, et la maintient horizontale.

Avec cette disposition, il faut nécessairement un fil de chaque côté du chemin afin de fermer les deux barrières.

Dans la Prusse rhénane, on est parvenu à n'employer qu'une seule chaîne qui se dédouble au pied de la barrière (fig. 17), et dont un brin traverse la voie à l'aide d'un tube pour manœuvrer l'appareil juxtaposé.

Dans l'intérieur des villes, où l'espace manque et où le développement d'une barrière serait trop gênant, on a des fermetures roulantes ainsi que le représente la fig. 18. Les galets qui sont ou à gorge ou à jante évidées, fig. 19, roulent alors sur deux contre-rails ou sur un seul. A la partie supérieure, deux autres galets horizontaux guident la barrière entre deux plates-bandes de frottement.

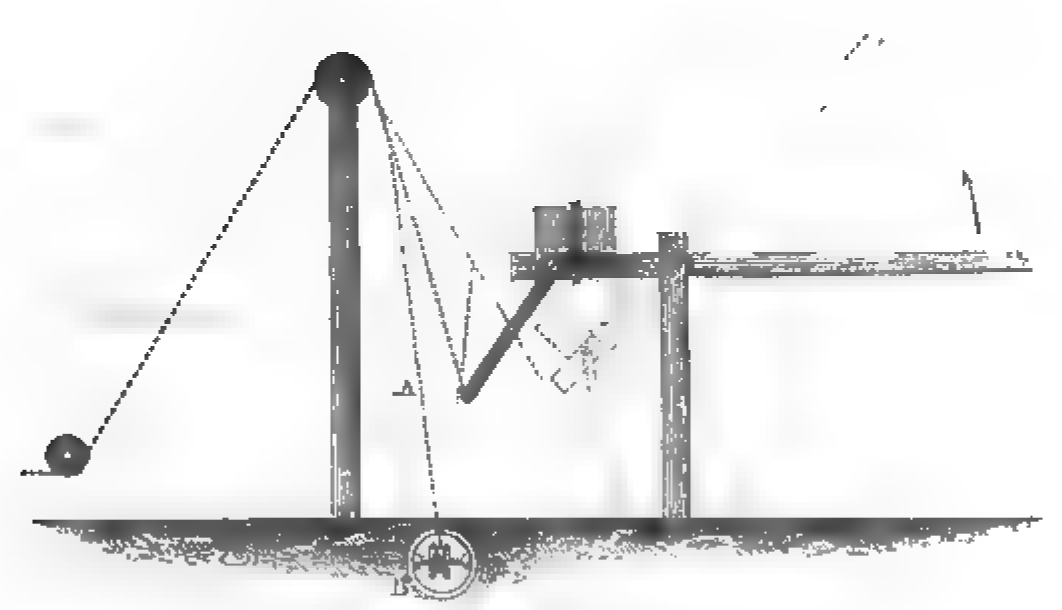


Fig. 17. — Autre barrière employée en Allemagne et en Suisse.

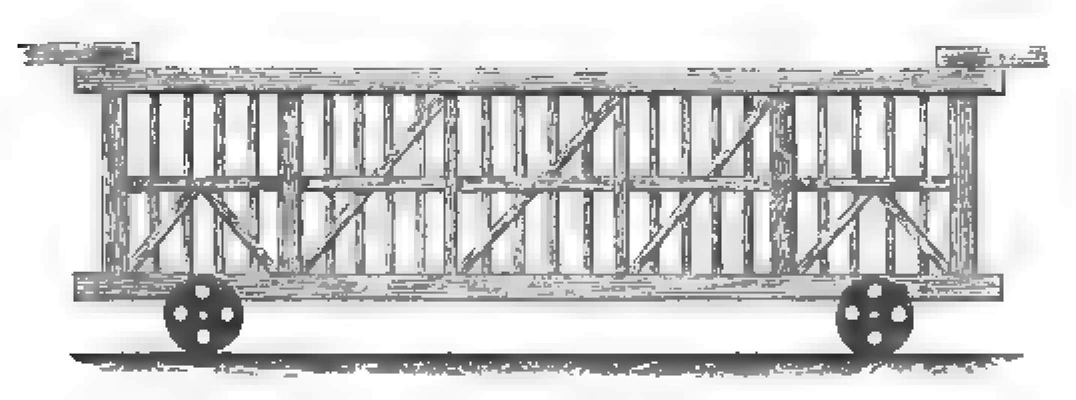


Fig. 18. — Barrière roulante.

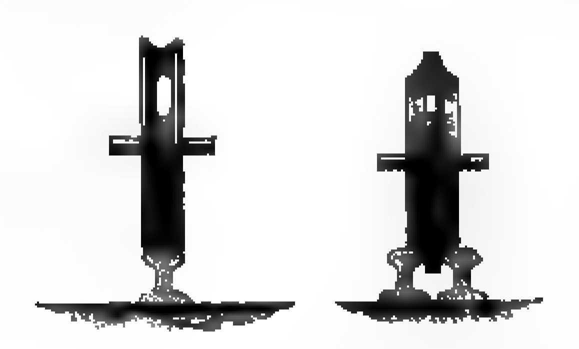


Fig. 19. — Galets de barrières roulantes.

En Allemagne, on emploie une fermeture fort simple (fig. 20) : on écorce un jeune sapin, puis on fait dans les deux poteaux du

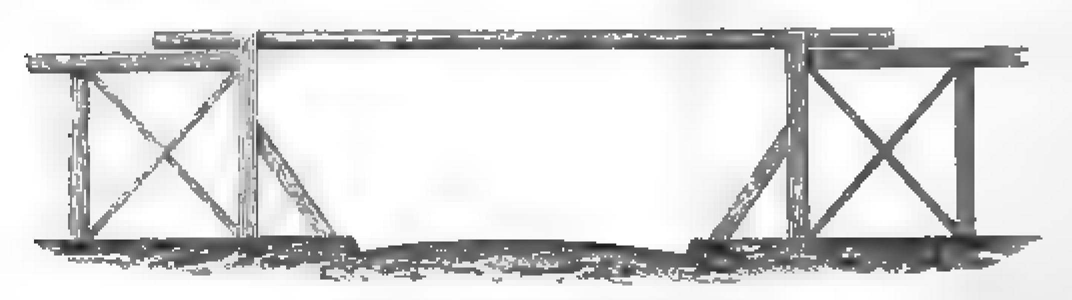


Fig. 20. — Autre barrière allemande.

passage deux trous dans lesquels on introduit cette espèce de lisse. Quand une voiture se présente au passage, on se contente de tirer à soi l'obstacle, qu'on remet ensuite dans sa position première.

ACCESSOIRES DE LA VOIE

Note sur les ponts tournants du chemin de fer du Nord. — Les derniers ponts tournants du chemin de fer du Nord (fig. 21) ont été construits sur un nouveau type, adopté déjà en Belgique et en Angleterre. Ils sont composés de deux fortes poutres en tôle, correspondant aux rails, et supportées uniquement par le pivot central. Lorsque les rails du pont correspondent à ceux de la voie, les extrémités des poutres sont calées au moyen de coins qu'on manœuvre avec un levier fixé au pont. Dans cette position, les galets du pont ne reposent pas sur le cercle de roulement. Quand une machine est venue se placer sur le pont, de manière que son centre de gravité corresponde à peu près au pivot, on décale les poutres, et le pont reste suspendu sur le pivot ou plutôt s'incline du côté de la plus grande charge, jusqu'à ce que les galets placés de ce côté viennent le soulager; dans tous les cas, à cause de la grande rigidité des poutres, la presque totalité de la charge repose sur le pivot, et les frottements sont assez réduits pour que deux hommes puissent tourner rapidement et sans engrenages les plus lourdes machines.

Le diamètre du pont du Nord est de 14 mètres, afin que les plus longues machines puissent s'y placer, de manière que leur centre de gravité corresponde au pivot.

Les poids et prix sont les suivants :

Tôlerie.	11782^k	
Pièces de forge. .	1150	
Fonte.	8640	
Boulons.	519	
Total.	22091^k	à 56^f 40^c les 100^k = 12459^f 32^c

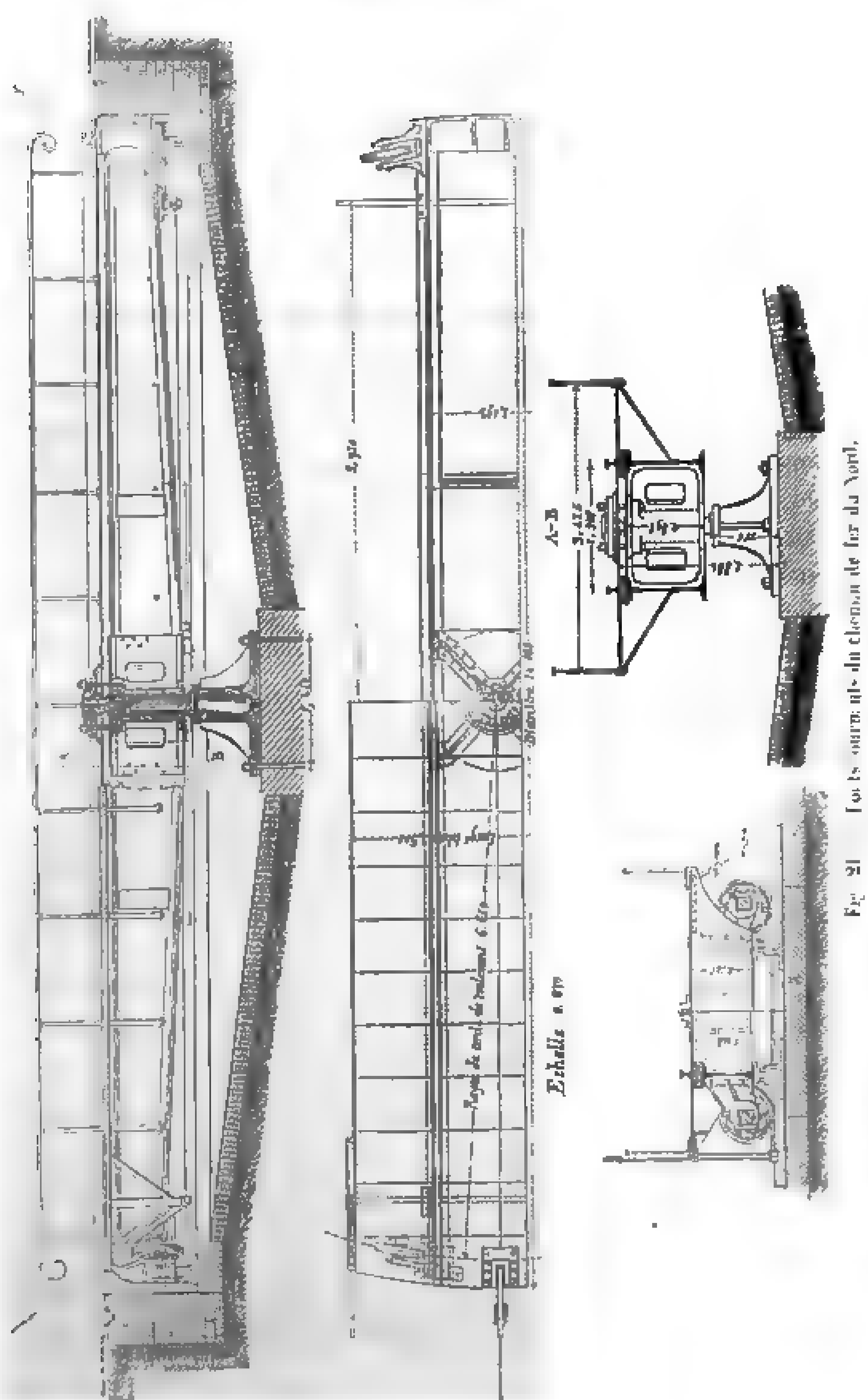


Fig. 21. — Ponts tournants du chemin de fer du Nord.

Il faut ajouter :

Rails sur le pont et accessoires.	1120^k
Rails du chemin de roulement.	1251
Coussinets dudit et accessoires.	342,50
Longrines en bois sous les rails du pont.	1^m,04

qui sont fournis par la Compagnie, mais dont le façonnement, ainsi que la mise en place, sont compris dans le prix ci-dessus, avec la pose du pont.

Plaques tournantes de 11^m.60 en fer, fonte et bois. — Les premières grandes plaques tournantes employées par la Compagnie pour tourner les machines accouplées avec leur tender ont été construites presque entièrement en fonte ; mais à mesure que le poids des machines a augmenté, on a reconnu la nécessité d'employer des matériaux plus résistants que la fonte ; on lui a substitué d'abord le bois et le fer ; puis actuellement, de préférence, le fer et la tôle seuls.

La plaque, dont nous avons donné le dessin, page 188, 2e volume, construite en fer, fonte et bois, est employée dans un grand nombre de dépôts de la Compagnie de l'Est, qui en possède environ vingt-cinq. Cette plaque, de 11^m,60 de diamètre, peut recevoir les plus lourdes machines sans subir aucune déformation.

Elle se compose de deux cercles de roulement en fonte, l'un intérieur, de 5^m,40 de diamètre, destiné à recevoir le pivot et à supporter en partie la charge ; l'autre, extérieur, de 10^m,50 de diamètre, à couronne dentée, destiné à recevoir le mouvement de rotation et à supporter l'extrémité des longerons. Ces deux longerons, formant la voie sur laquelle passent les machines, sont deux énormes poutres en bois de chêne de 500/320 d'équarrissage e 11^m,60 de longueur.

La plaque est manœuvrée par deux treuils à main au moyen de quatre à cinq hommes ; mais, dans tous les grands dépôts, la Compagnie de l'Est a remplacé les hommes par une petite locomobile de deux chevaux, dont la bielle est attelée à la manivelle de l'un des deux treuils. La manœuvre se fait ainsi beaucoup plus vite et plus économiquement.

Lorsque les fondations de ces plaques sont bien établies, leur entretien est à peu près nul; le grand cercle de roulement seul éprouve une usure d'autant plus rapide que la fonte est plus tendre, et, pour remédier à cet inconvénient, on a recouvert, dans les plaques de la Compagnie de l'Est, la surface de roulement des segments en fonte par une bande en acier puddlé.

Il entre dans la construction de ces plaques :

Bronze.	185 kilog.
Fer et tôle.	4,200
Fonte.	15,000
Chêne.	15 stères.

Leur prix est de. . . . . 12,500 fr.
et celui de la locomobile de deux chevaux de. . 2,200

Chariot roulant de la remise à locomotives de Nancy. — Ce chariot, destiné à desservir une remise de vingt-six locomotives à la gare de Nancy, est construit en fer et en tôle, sauf quelques pièces de bois nécessaires pour supporter le plancher : les dimensions principales sont de $6^m,150$ en largeur et $11^m,60$ en longueur.

Il est formé de quatre doubles poutres en fer en I transversales de $0^m,300$ de hauteur, reliées entre elles par deux poutres longitudinales en fer de même forme, destinées à supporter la voie sur laquelle passent les locomotives, et aux extrémités par des poutres en fer ou en bois; le tout est entretoisé par des tôles qui forment le plancher du chariot.

Il est supporté par huit roues pleines en fer, cerclées de bandages en acier fondu, de $0^m,975$ de diamètre extérieur; quatre de ces roues sont à essieux libres, les quatre autres, calées sur un arbre en fer, reçoivent au moyen d'engrenages le mouvement de deux treuils manœuvrés soit à bras, soit par une locomobile de deux chevaux.

Au moyen de la troisième voie placée à l'une des extrémités transversales, ce chariot peut recevoir une grue roulante, destinée à opérer dans la remise même le levage des machines, pour la visite des boîtes à graisse et le changement de roues.

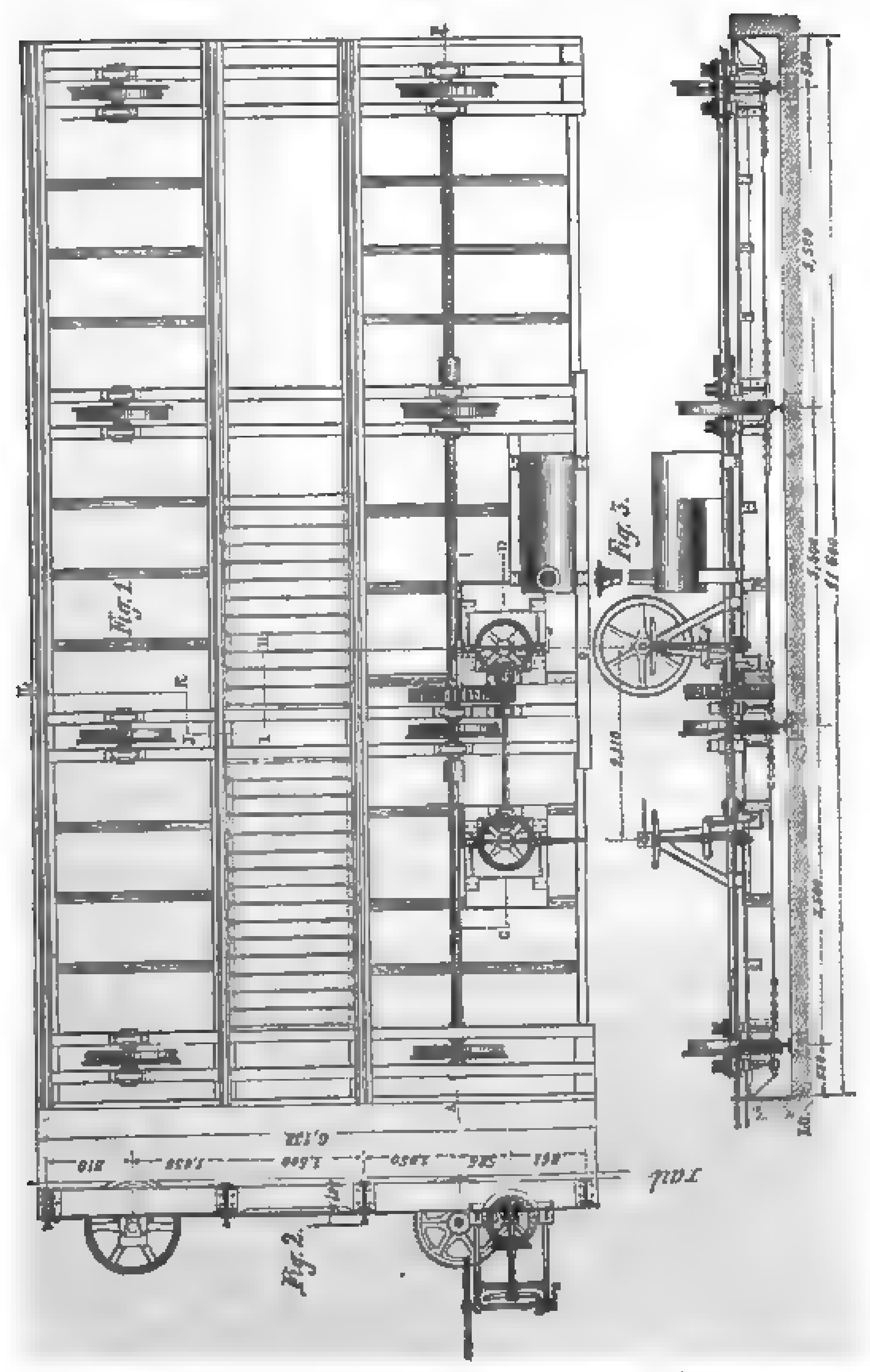


Fig. 92 — Chariot roulant de la remise à locomotives de Nancy.

Il entre dans la construction de ce chariot :

Fer.	16,250 kilog.
Fonte.	3,620
Bronze.	220
Bois de chêne, 1^{c},400. . .	1,400
	21,490
Poids de la locomobile et de deux treuils (environ). .	1,100
Poids total. .	22,590 kilog.

Le prix approximatif est de. .	16,000 fr.
Plus la locomobile.	2,200
Total. . . .	18,200 fr.

Verrou de sûreté Vignier. — Depuis 1852 déjà M. Flachat a fait poser sur les chemins de l'Ouest, aux embranchements d'Auteuil, d'Argenteuil et de Viroflay, un appareil de sûreté qui a pour but d'empêcher la manœuvre des aiguilles de la bifurcation avant d'avoir assuré, à l'aide des signaux, la marche des trains. M. Vignier, l'inventeur de cette disposition, a rendu la manœuvre des leviers des aiguilles solidaire de la manœuvre préalable des disques-signaux.

Il est parti de ce principe : 1° qu'il faut toujours que la position normale des aiguilles corresponde à la voie libre, afin qu'un train montant ne puisse jamais venir couper ou prendre en écharpe un train descendant. L'ouverture permanente de la voie droite peut occasionner une fausse manœuvre dont on s'aperçoit bientôt, mais elle ne peut jamais être cause d'un accident du genre de ceux que nous venons de signaler;

2° Qu'il faut rendre la manœuvre des aiguilles de la voie de départ solidaire de la manœuvre du disque-signal qui couvre la voie de retour, afin que l'aiguilleur ne puisse pas effacer son disque, c'est-à-dire ouvrir la voie avant que l'aiguille de départ n'ait été

remise dans sa position normale, et réciproquement, que l'on ne puisse faire fonctionner l'aiguille tant que la voie de retour reste ouverte.

Pour obtenir ce résultat, M. Vignier enclanche les aiguilles à l'aide d'un verrou manœuvré par le levier du disque de la voie de retour.

Ce verrou est formé d'une simple tringle qui pénètre dans un œil ménagé dans la tige de traction des aiguilles, lorsque celles-ci sont dans leur position normale et que la voie de retour est ouverte.

Par le fait de cet enclanchement des aiguilles, on ne peut les manœuvrer et ouvrir la voie au train devant prendre la bifurcation qu'autant qu'on a fermé la voie de retour.

Si maintenant l'aiguilleur veut ouvrir la voie de retour à un train qui se présente, il doit préalablement remettre l'aiguille dans sa position normale, car le levier du disque ne pourrait arriver à sa place, empêché qu'il serait par le verrou qui ne rencontrerait plus le trou ménagé dans la tringle des aiguilles dont nous avons parlé, puisque cette tringle a été déplacée dans la manœuvre des aiguilles.

Tel est le principe de cet appareil destiné à assurer la marche des trains sur les voies ferrées, et qu'on ne saurait trop recommander aux ingénieurs toujours si soucieux des perfectionnements qui peuvent écarter les dangers inhérents aux chemins de fer.

Nous empruntons à la très-intéressante *Étude sur les changements de voies* de M. Richoux, ancien élève de l'École centrale, ancien ingénieur attaché aux chemins de Saint-Germain, du Midi et des Charentes, la description si claire des dernières dispositions adoptées par la Compagnie du Nord pour la construction des appareils de M. Vignier, et dont elle a ordonné la pose à toutes ses bifurcations.

Disposition des signaux de bifurcation et du verrou de sûreté Vignier sur les embranchements du chemin de fer du Nord. — MM. Petiet et Couche ont simplifié les dispositions ci-contre :

1° En n'enclanchant (dans les conditions exposées ci-dessus),

par les disques de la voie de retour, que les aiguilles de la voie montante;

2° En disposant les leviers de manœuvre de signaux de façon qu'il soit facile de voir la direction qu'ils desservent;

3° En groupant ces leviers de telle sorte qu'ils se trouvent suffisamment éloignés entre eux pour que l'aiguilleur ne puisse en manœuvrer deux à la fois.

Trois genres de signaux sont employés pour protéger chacune des trois directions composant une bifurcation simple :

1° Un *signal fixe, indicateur de bifurcation*, placé à 800 mètres environ de la pointe des aiguilles; ce signal se compose d'un voyant carré en tôle de 0m,90 de côté, peint en mire, mi-partie vert et blanc. Une lanterne s'accrochant sur le côté, au-dessous du voyant, présente un feu vert du côté de l'arrivée des trains.

2° Un *disque d'arrêt*, placé dans chaque direction à 60 mètres au moins du point à couvrir, c'est-à-dire au point où l'entre-voie est réduite à 1m,75, distance nécessaire au passage simultané de deux trains. Ce disque se compose d'un voyant carré de 0m,90 de côté, peint en mire, mi-partie blanc et rouge sur la face qui commande l'arrêt et en blanc sur l'autre face. Ce voyant, ainsi que les disques ordinaires, est mobile autour d'un axe vertical; la lanterne est à feu rouge, comme dans le disque à distance.

3° Un *disque à distance*, semblable à ceux des stations, assez éloigné du disque d'arrêt pour couvrir un train arrêté à ce signal. Cet éloignement varie, suivant les pentes et rampes et les circonstances locales, entre 700 et 1,000 mètres.

Quand ces signaux se trouvent en dehors des voies, l'arbre vertical ou le poteau support est toujours placé à 2 mètres du rail le plus voisin; s'ils doivent être placés dans une entre-voie, il faut que cette entre-voie ait au moins 3 mètres. Quand cette largeur n'existera pas, on l'atteindra par un ripage de voies et on élèvera les disques d'arrêt et les disques à distance de façon que le centre du voyant soit à 3m,70 au-dessus du niveau des rails.

En dehors des signaux que nous venons de décrire, on place près des aiguilles des *signaux de bifurcation*, servant à indiquer le sens dans lequel les aiguilles sont ouvertes; ces signaux, ma-

nœuvrés par les aiguilles, se composent d'un poteau, terminé par une sorte de boîte en forme de chevron, dont le sommet sert d'axe de rotation à une palette; cette palette porte un disque de verre vert, et peut se placer à droite ou à gauche du poteau dans le prolongement de l'un ou l'autre des côtés du chevron; elle masque alors une des lanternes à feu blanc et produit un feu vert. Le feu qui reste blanc indique la voie ouverte.

Il n'y a aucune précaution spéciale à prendre pour l'indicateur de bifurcation, qui a été construit avec une plus grande hauteur.

En outre, on établit aux abords de la bifurcation des poteaux hectométriques, de façon qu'avant comme après les aiguilles, il y ait au moins un kilomètre entier subdivisé. Les poteaux hectométriques ont la même hauteur que les poteaux kilométriques, c'est-à-dire environ $2^m,50$ au-dessus du sol.

La coïncidence d'un poteau kilométrique avec la pointe des aiguilles devant être tout à fait exceptionnelle, on peut compter pour chaque bifurcation sur 3 kilomètres à subdiviser. Les têtes de ces poteaux portent des tablettes carrées en tôle ou en fonte de couleurs différentes, qui permettent de reconnaître facilement le numéro hectométrique qu'elles occupent, bien que ce numéro soit peint sur leur face. Le croquis ci-joint, fig. 23, indique leurs dispositions particulières.

A l'égard des signaux, on a admis qu'il

Fig. 23. — Poteaux kilométriques et hectométriques du Nord.

n'y avait pas lieu de placer d'indicateurs de bifurcation dans l'intérieur des triangles.

On n'en a pas projeté également pour les bifurcations qui se trouvent immédiatement à la sortie des stations, et dont la position est par cela même très-nettement connue.

D'autre part, on a traité comme bifurcation les ponts tournants de la Scarpe, de la Deule et de la Somme, et la traversée des voies de Dunkerque.

Partant de ces principes, on a étudié en détail chaque bifurcation, et on a déterminé exactement dans chaque cas particulier, en tenant compte des circonstances locales, les points où les différents signaux doivent être établis.

Afin que le service d'une bifurcation puisse toujours être fait par un seul homme, on a groupé les leviers de tous les disques avec ceux des changements de voie, comme l'indique le croquis ci-dessous :

La figure 24 donne l'ensemble de l'installation d'un poste d'aiguilleur pour la bifurcation simple.

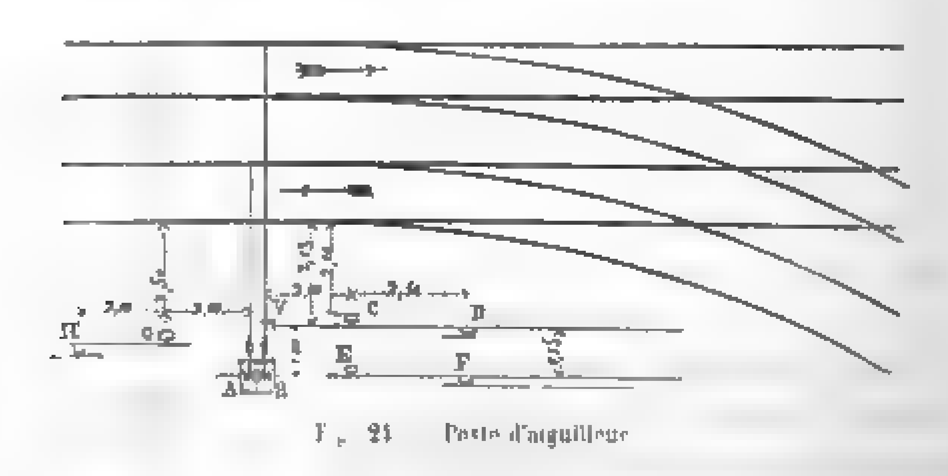


Fig. 24. — Poste d'aiguilleur.

A, B, sont les leviers de manœuvre des deux changements de voie.

C, E, G, les leviers de manœuvre des disques d'arrêt.

D, F, H, les leviers de manœuvre des disques à distance.

Les leviers des changements de voie étant considérés comme le centre du poste, on voit que les positions des leviers des disques

ont été déterminées de façon à représenter la direction desservie par les disques et leur éloignement relatif du poste.

Ainsi les leviers C et D, qui commandent les disques de la direction qui va vers la gauche, sont à gauche de l'observateur, placé au centre du poste, C, levier le plus rapproché, commande le disque d'arrêt, et D, levier le plus éloigné, manœuvre le disque à distance.

On remarquera encore que, tout en groupant autant que possible tout le système, les leviers des disques se trouvent cependant assez éloignés l'un de l'autre pour que le même agent ne puisse pas en manœuvrer deux à la fois.

On a de plus admis en principe que l'aiguille de la voie de départ, autrement dit l'aiguille en pointe, devra toujours, dans sa position normale, être disposée de façon à diriger les trains vers la gauche. On conçoit, en effet, qu'au moyen de cette précaution on évite toute chance de collision entre un train partant et un train de retour; mais il faut, pour que cet accident soit absolument impossible, que l'aiguilleur ne puisse pas ouvrir le disque d'arrêt de la voie de retour lorsque l'aiguille en pointe n'est pas dans sa position normale; et, réciproquement, que si le disque de retour est ouvert, on ne puisse plus manœuvrer l'aiguille. L'enclanchement est établi dans ce but.

Cet enclanchement n'est autre chose qu'un verrou qui fait partie du disque C; une tringle fixée sur le levier de manœuvre, et se dirigeant de ce levier vers la tige de manœuvre du changement de voie, recule lorsqu'on ouvre la voie de retour de la direction gauche, et s'introduit dans un trou de la tige de manœuvre du changement lorsque les aiguilles sont dans la position normale. Si, au contraire, les aiguilles sont mal placées, le verrou n'entre pas, et on ne peut ouvrir le disque; il faut alors, pour livrer passage au train de retour, rétablir préalablement l'aiguille du changement dans sa position normale.

Donc, si les mécaniciens observent rigoureusement les prescriptions de l'ordre de service, il n'y a pas de collision possible, et la sécurité des trains ne se trouve en aucune façon compromise par la négligence de l'aiguilleur.

L'enclanchement par le disque E serait sans utilité; car un train en retour sur la direction de droite ne peut jamais rencontrer un train partant, quelque direction qu'il suive.

Notre croquis suppose le poste établi à droite de la bifurcation ; on peut aussi bien l'établir à gauche; mais alors le disque C devant toujours avoir son levier à l'extrême gauche, il faudra, en vue de l'enclanchement, allonger les tringles de manœuvre de changement de voie, en réalisant la disposition représentée par le croquis ci-après (fig. 25).

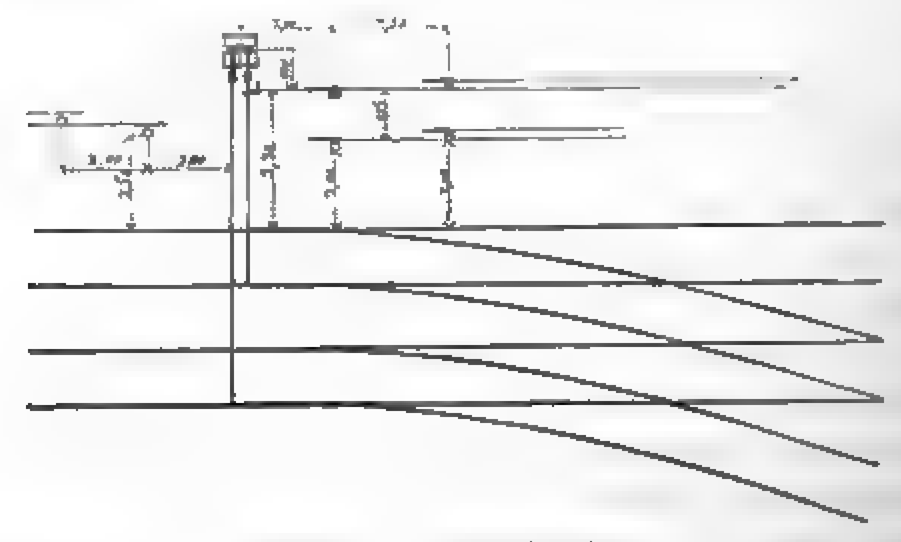


Fig. 25 — Autre poste d'aiguilleur.

La disposition du terrain déterminera le côté qu'on devra choisir pour l'établissement du poste.

Disques. — Lanternes. — Dans le but d'empêcher la congélation de l'huile dans les lanternes de disques, la Compagnie du Nord a adopté une nouvelle disposition qui isole la lampe de la paroi de la lanterne (fig. 26 et 27).

Cette disposition consiste en un porte-lampe *a*, *a*, *a*, qui entre dans les coulisses *b*, *b*, qui reçoivent actuellement la lampe *c*. C'est ce porte-lampe qui est lui-même muni de coulisses dans lesquelles on introduit la lampe.

Il peut servir indifféremment aux lanternes à gauche et à droite, en le retournant de haut en bas.

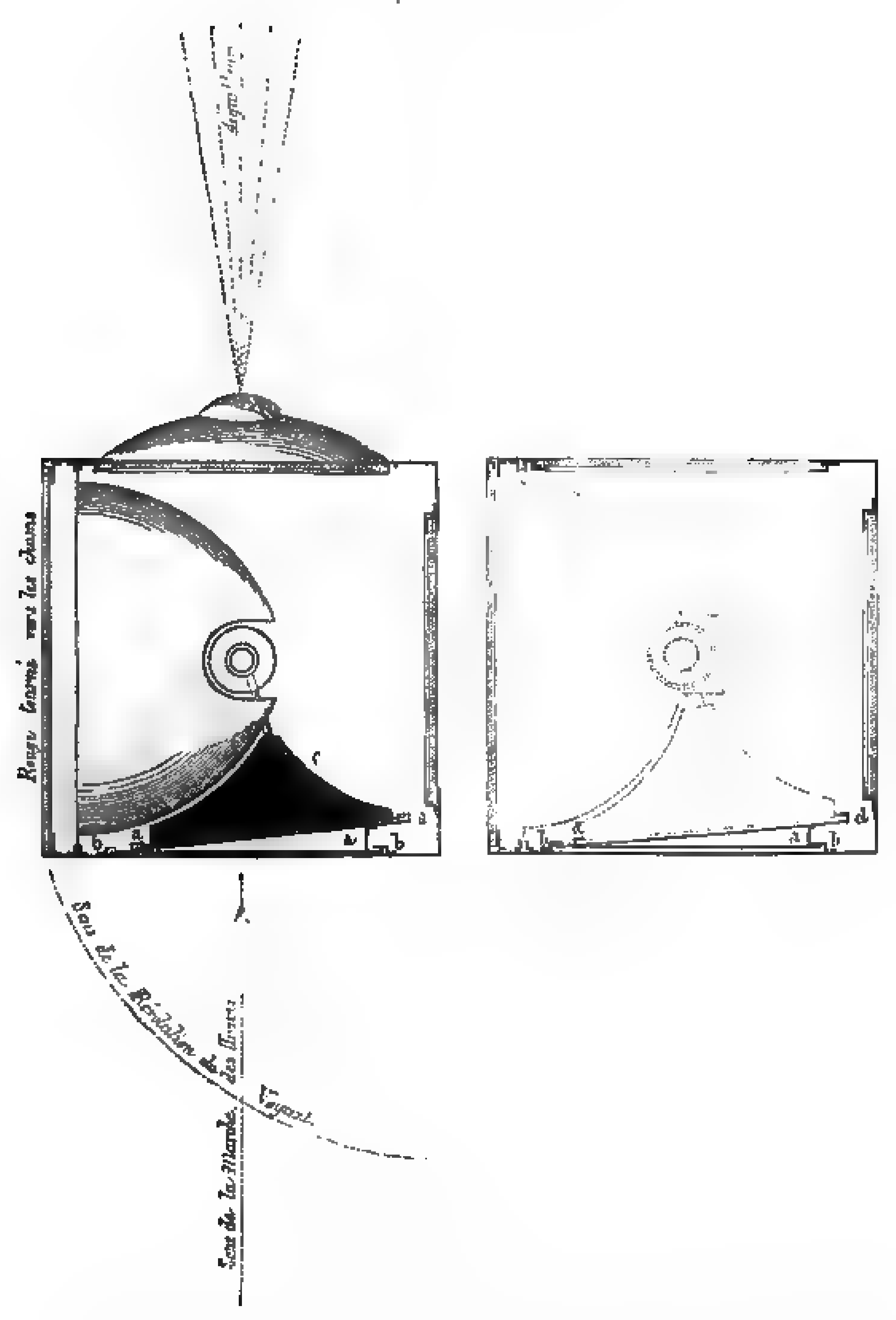


Fig. 26. — Lanterne de disque avec sa lampe

Fig. 27. — Lanterne de disque sans sa lampe.

Signal, type de l'Ouest. — Les figures 28, 29 et 30 représentent la disposition du signal, type du chemin de l'Ouest (français).

La lanterne est fixe comme au chemin de l'Est.

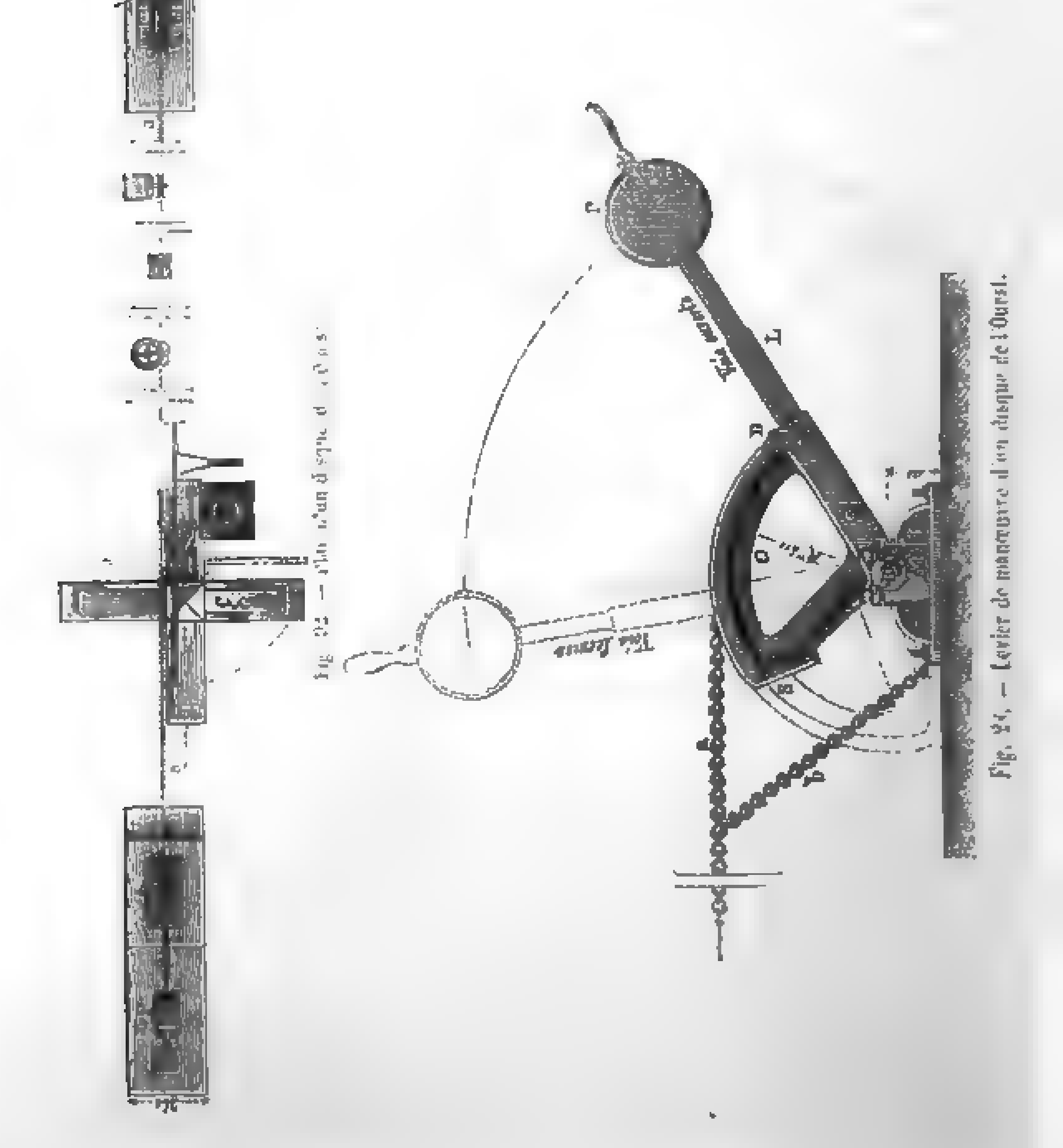


Fig. 23. — Plan d'un disque de l'Ouest.

Fig. 24. — Levier de manœuvre d'un disque de l'Ouest.

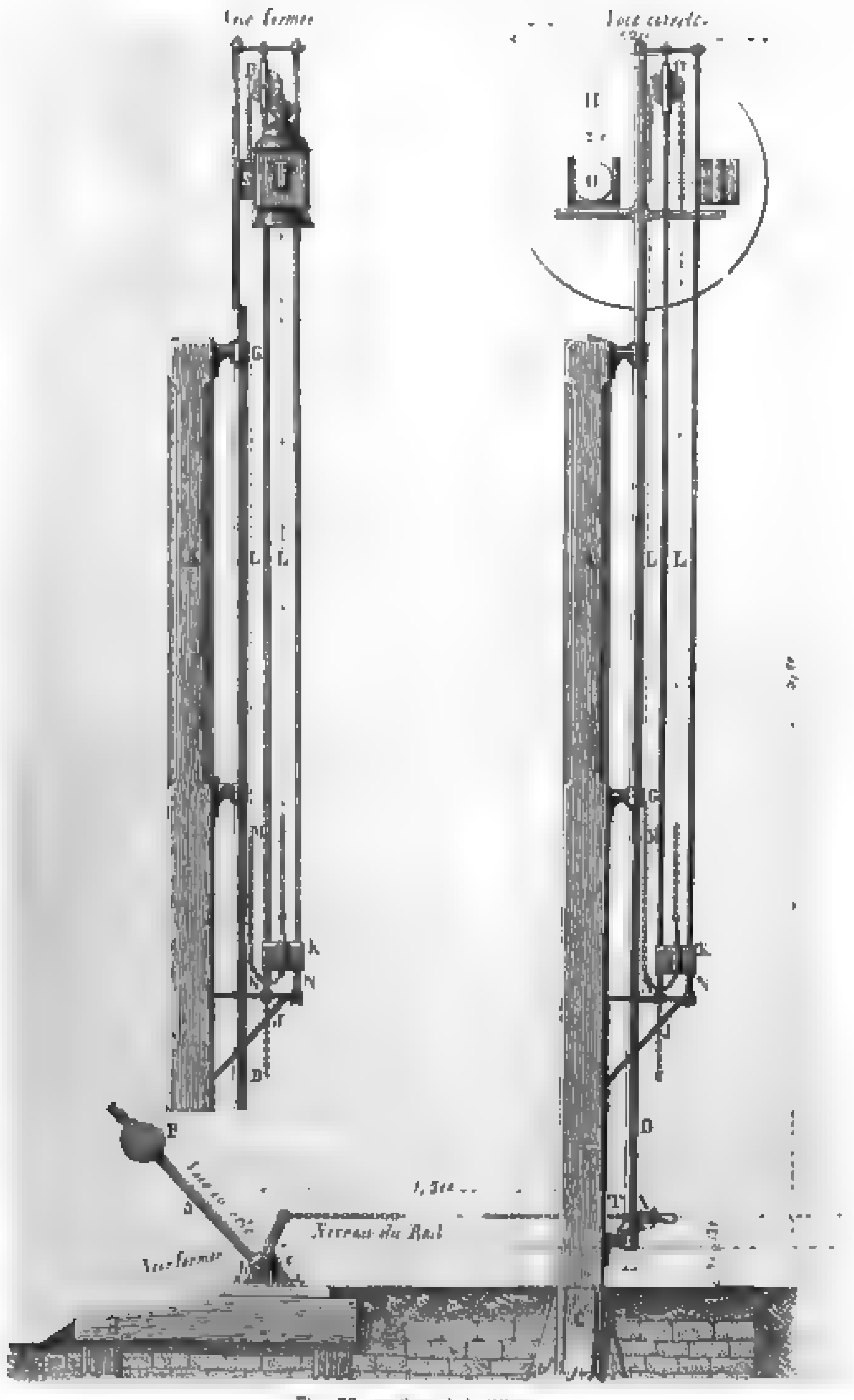


Fig. 50. — Signal de l'Ouest

Miroirs. — Lorsque la voie est en ligne droite, le feu d'arrière de cette lanterne peut être aperçu directement de la gare.

Lorsque la voie est courbe, on fait usage d'un miroir réflecteur, figure 31, qui renvoie vers la gare ce faisceau de lumière.

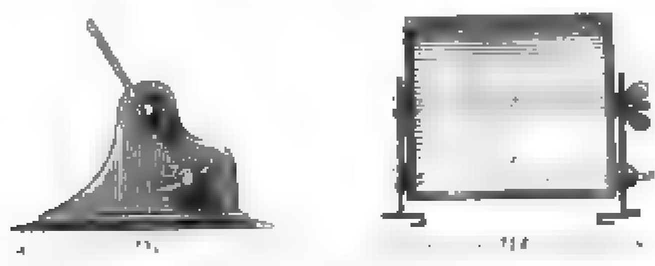


Fig. 31. — Miroirs.

Ce miroir, dont on peut varier l'inclinaison, se place dans les coulisses *m*, *n* (fig. 33), fixées derrière la lanterne. Il est employé pour les angles de 10° à 90°.

De 0° à 10°, on conserve le feu direct sans miroir réflecteur. Le miroir, en se retournant, peut servir pour la déviation à droite ou à gauche.

Écrans. — Le faisceau lumineux reste blanc lorsque la voie est fermée, mais, lorsque la voie est ouverte, il est coloré en violet par le verre d'un écran (fig. 32) fixé au disque. On emploie, suivant le sens et la grandeur de l'angle de direction, l'un des quatre écrans représentés figures 34, 35, 36 et 37.

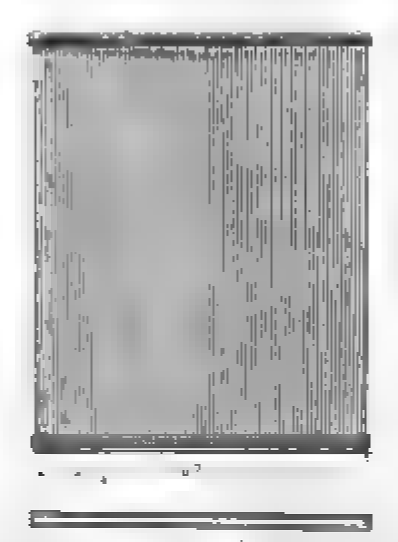


Fig. 32. — Écrans.

L'écran n° 1 est employé pour la lumière directe et les déviations à droite ou à gauche inférieures à 30°; l'écran n° 2, pour les déviations de 30° à 90° à droite en regardant la gare; l'écran n° 3, pour les déviations de 30° à 70° à gauche; l'écran n° 4, pour les déviations de 70° à 90° à gauche.

Tous les écrans sont formés de coulisses en tôle fixées au disque, et dans lesquelles on place un verre violet, garni préalablement de deux cordons en caoutchouc (fig. 32).

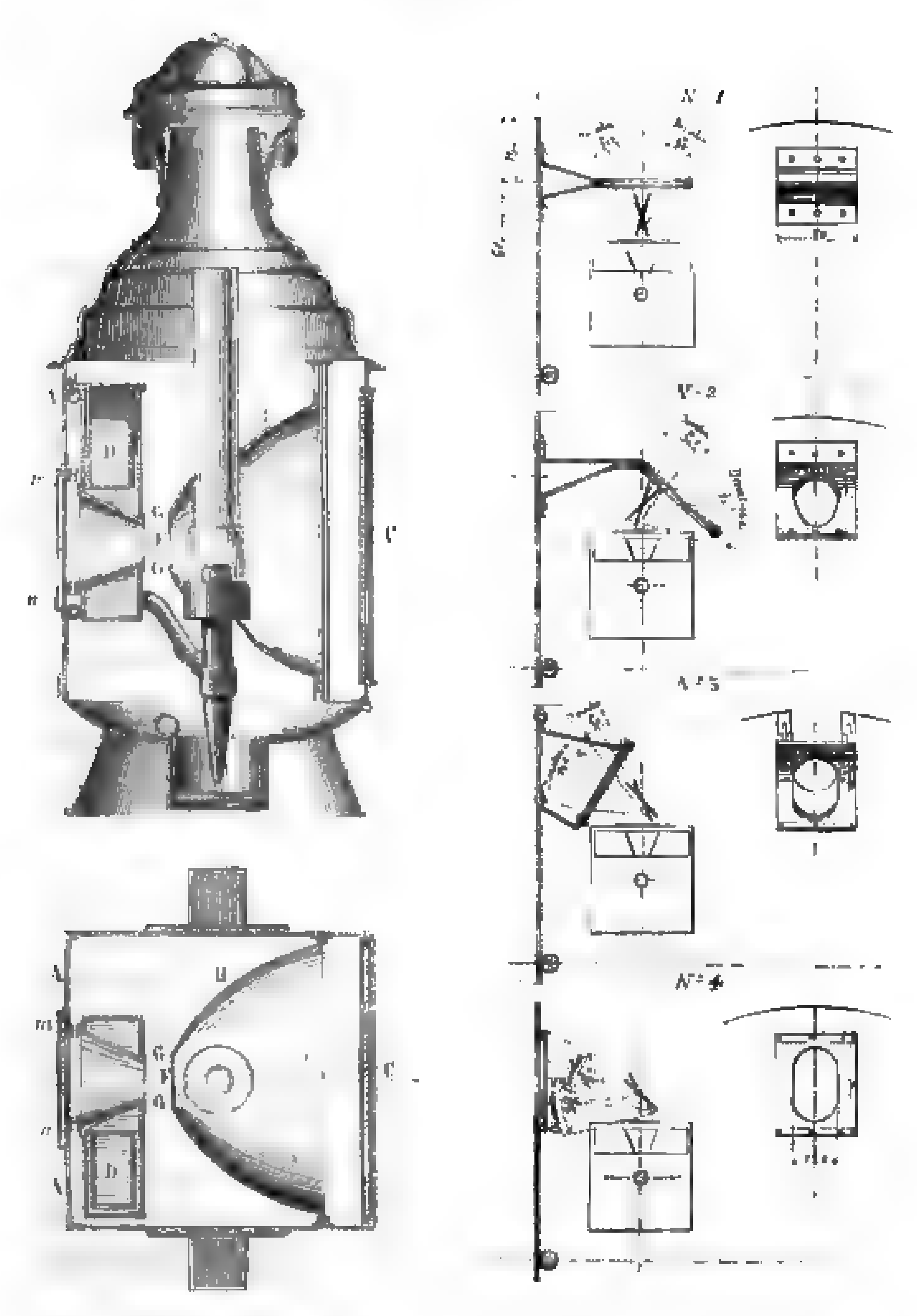


Fig. 53. — Lanternes de disques de l'Ouest

Fig. 54, 55, 56 et 57. — Position des miroirs et des écrans.

Signaux à deux ou trois transmissions. — Il est quelquefois nécessaire de manœuvrer un signal de deux ou trois points différents ; ce cas se présente, par exemple, lorsqu'un signal doit protéger en outre de la gare un ou deux passages à niveau compris entre la gare et le signal.

Les conditions à remplir sont alors les suivantes :

La gare d'une part, et chacun des gardes-barrières des passages à niveau d'autre part, doivent pouvoir mettre le signal à l'arrêt d'une manière indépendante les uns des autres ; mais le signal ne doit pouvoir repasser à la voie libre que lorsque toutes les manœuvres commandant le signal ont été elles-mêmes remises à la voie libre.

Les manœuvres employées pour les signaux à deux ou trois transmissions, et le signal lui-même, peuvent être d'un type quelconque.

Le système qui permet de remplir les conditions détaillées ci-dessus, consiste uniquement dans la disposition du système de rappel.

La figure 58 représente ce système pour un signal à trois transmissions.

Il se compose d'un châssis en charpente AA, fixé dans le sol, et recouvert d'un plancher en madriers épais, encadré dans une bordure en bois BB.

Un support en fonte C est traversé par un arbre en fer D, à l'extrémité duquel est calé un levier coudé L, dont le grand bras est muni d'un contre-poids P, à position variable. — Le petit bras *l* se termine par une mortaise dans laquelle est passé le boulon d'articulation de la tringle rigide T, qui commande le signal.

A l'autre extrémité de l'arbre D, est calée une manivelle H, dont l'arbre de calage est le même que celui du petit bras *l* du levier ; une entretoise en fer E réunit la manivelle H et le petit bras *l*.

Trois leviers coudés L, L″, L‴, mobiles sur l'arbre D, sont montés de façon à ce que leurs contre-poids agissent en sens contraire

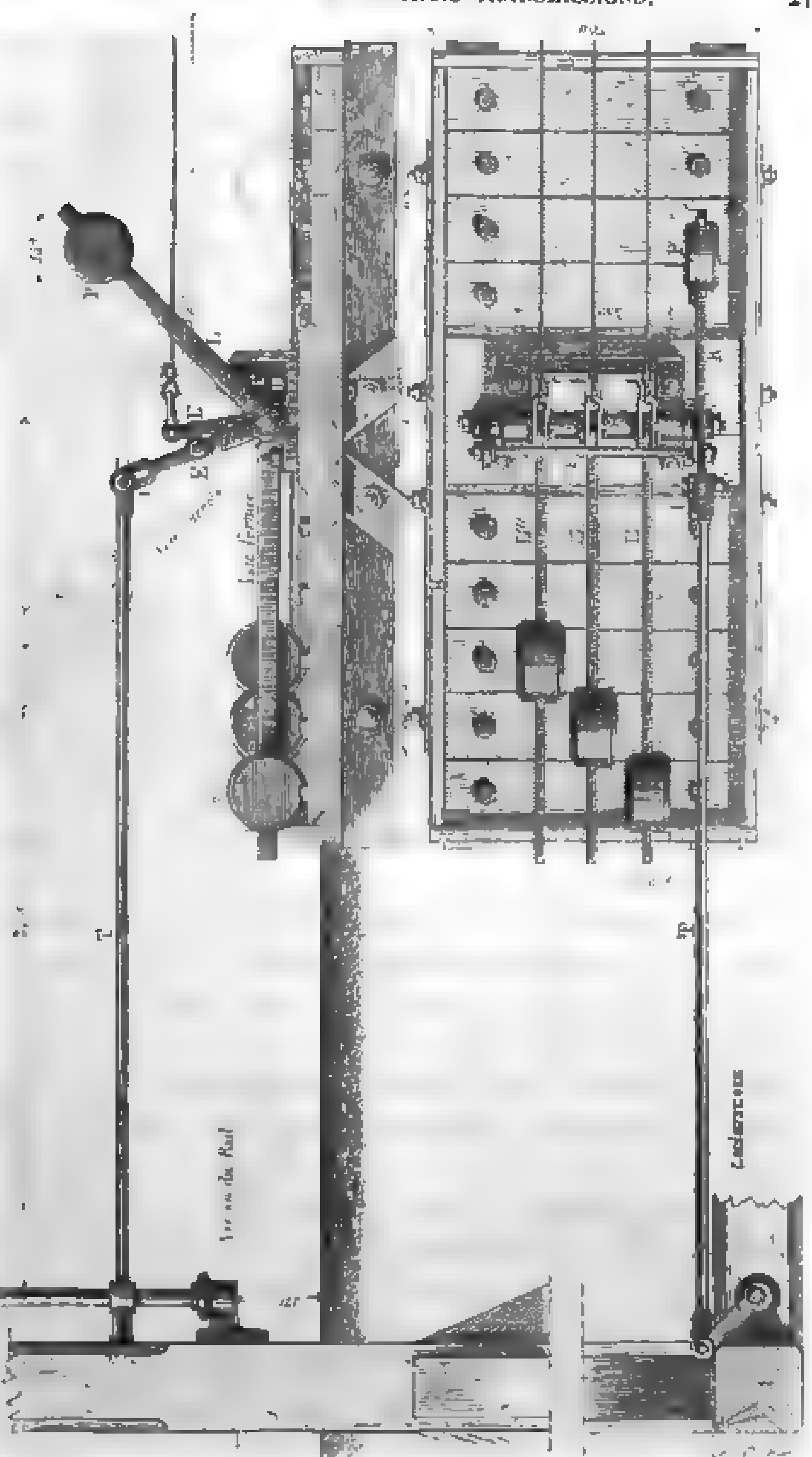


Fig. 58. — Disposition d'un signal à trois transmissions.

du contre-poids P, et que l'entretoise E se trouve comprise entre les deux bras des leviers.

A la voie ouverte, le petit bras de chaque levier est tenu appliqué, par l'action du contre-poids de la manœuvre, contre la partie du support C faisant arrêt, et se termine par un anneau auquel est agrafé le fil d'une transmission correspondant à une manœuvre.

La position, représentée en traits pointés (fig. 38), correspond à la voie ouverte : dans cette position, les trois leviers L, L″, L‴ sont maintenus relevés par l'action de la manœuvre, le levier L est abaissé, et l'entretoise E s'appuie sur les petits bras des leviers L′, L″, L‴.

Supposons maintenant que l'on veuille fermer la voie avec la manœuvre correspondant au levier L″, ce mouvement s'opère, ainsi que nous l'avons vu, en lâchant du fil ; le levier L″, étant muni d'un contre-poids plus fort que le contre-poids P du levier L, ce dernier est relevé par le petit bras du levier L″ qui pousse l'entretoise L″. Le levier L passe ainsi à la position indiquée (fig. 38), et la voie est fermée sans que les leviers L′ et L″ aient changé de position.

Lorsqu'on voudra fermer la voie avec l'une des manœuvres correspondant aux leviers L′ et L‴, la course du levier se fera à blanc, la voie étant déjà fermée.

La simple inspection de la figure montre que, pour repasser à la voie ouverte, il faudra que les trois leviers L′, L″ et L‴ aient été relevés, puisqu'il suffit qu'un seul soit abaissé pour maintenir la voie fermée.

Il est évident que, dans le cas où le signal serait à deux transmissions au lieu de trois, le fonctionnement serait exactement le même.

Les transmissions des signaux à deux ou trois manœuvres se composent, comme les transmissions simples de fils de fer de 4,4 millim. de diamètre, supportés par des poulies verticales ou horizontales, suivant la direction que suit la transmission.

Suivant que les transmissions sont doubles ou triples, les poulies verticales et horizontales sont montées deux à deux ou trois à trois sur le même support en fonte (figures 39, 40 et 41).

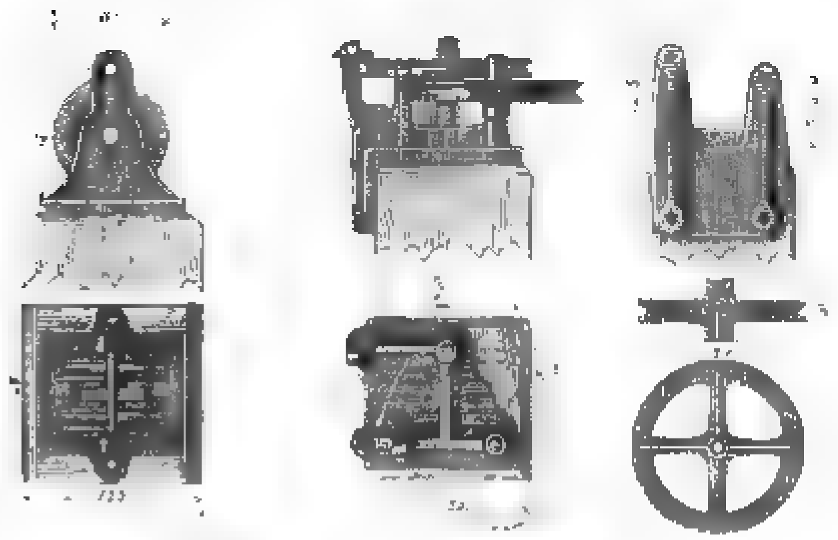


Fig. 39. — Poulies pour deux transmissions.

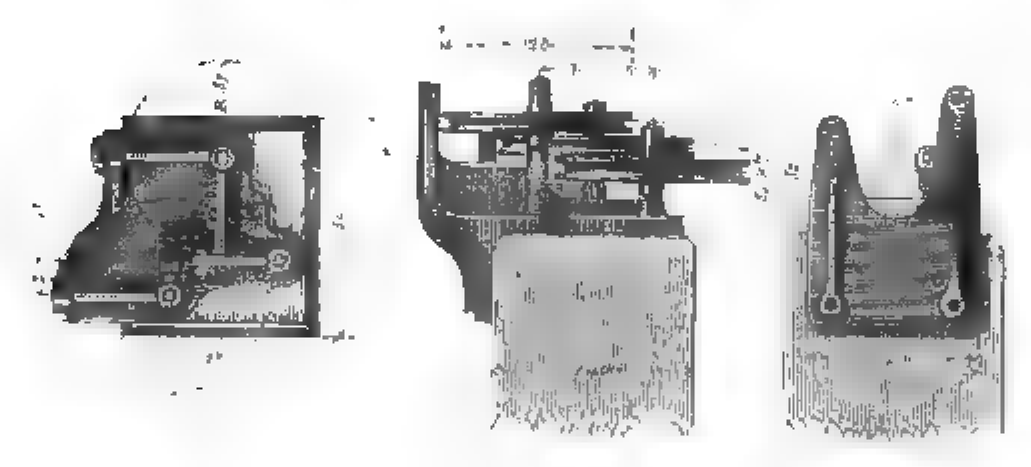


Fig. 40. — Poulies pour trois transmissions.

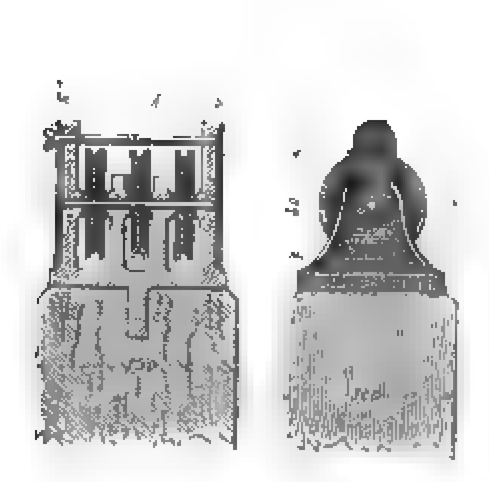


Fig. 41. — Poulies verticales pour trois transmissions.

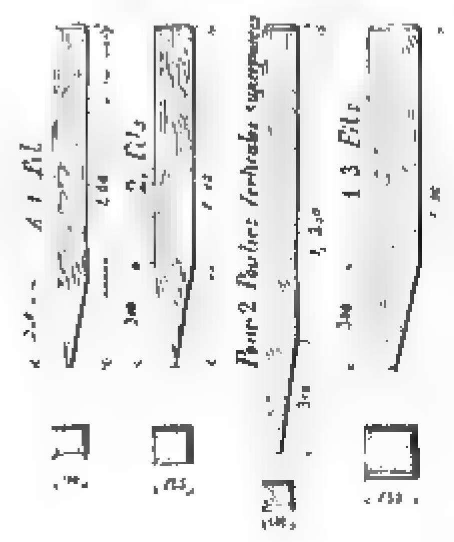


Fig. 42. — Piquets pour poulies.

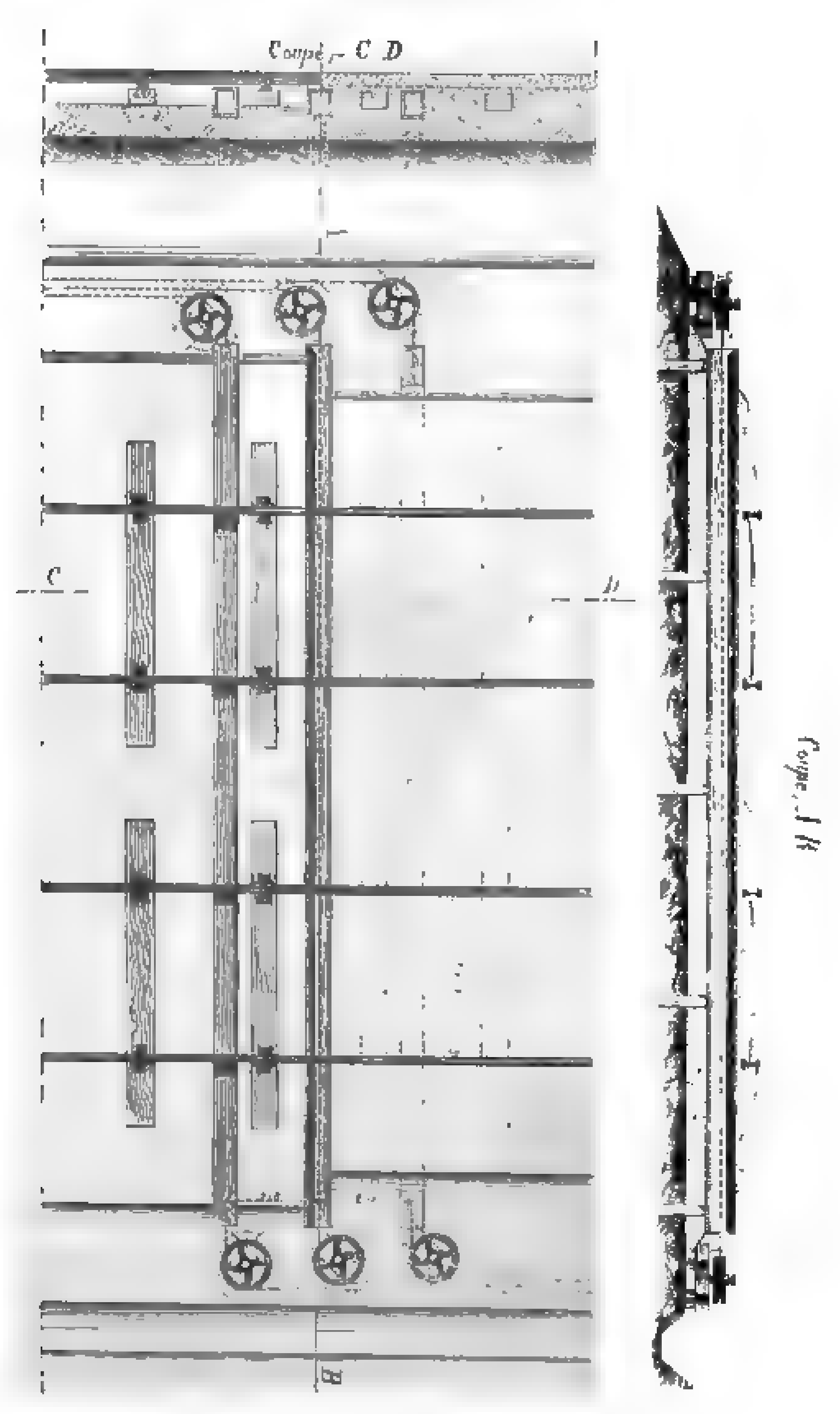


Fig. 15. — Plan d'une installation à trois transmissions

Les piquets pour les poulies doubles et les piquets pour les poulies triples sont représentés figure 42.

Les renvois brusques de mouvement pour les transmissions à deux ou trois fils, se font au moyen de poulies horizontales de $0^m,35$ de diamètre, disposées comme il est indiqué figure 43.

DE LA DISPOSITION DES GARES

Nous avons déjà donné le plan d'un certain nombre de gares remarquables. L'étude de leurs dispositions est d'une si grande importance et a été pendant longtemps tellement négligée, que nous

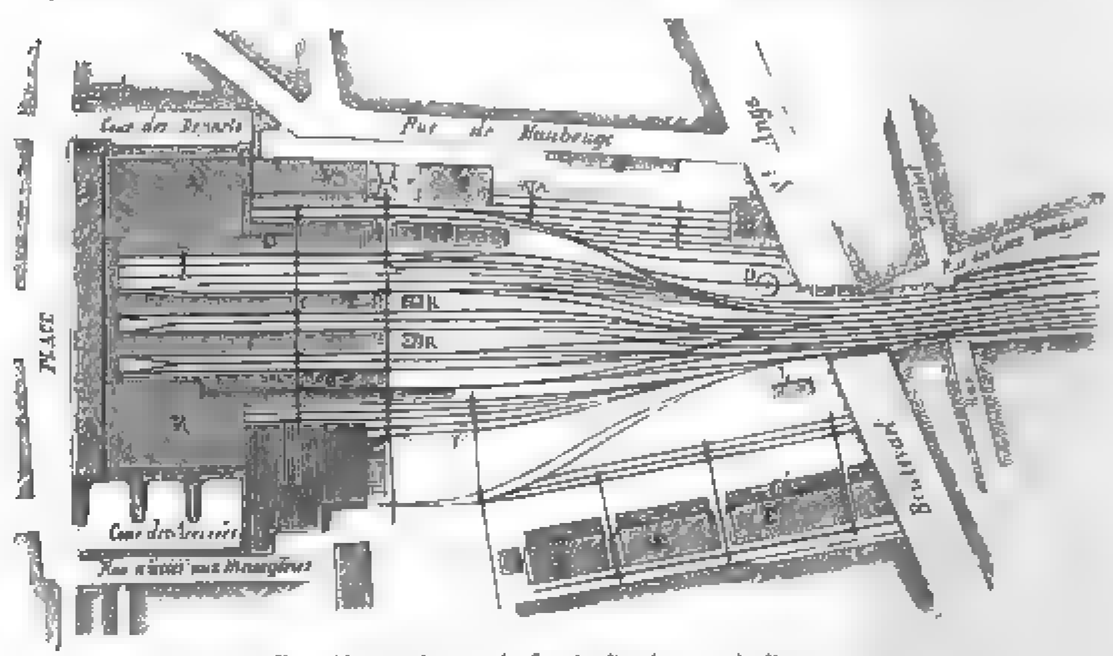


Fig. 44. — Chemin de fer du Nord, gare de Paris.

A Bâtiment des voyageurs.
C Quai des voyageurs.
D Plaque pour machines.
E Halles du service international.
F Halle de la douane.
L Bascule.
I. Réservoir d'eau.
N Service de l'arrivée.
Od Petites réparations.
R Coke.

croyons utile de compléter ce que nous en avons déjà dit en reproduisant les plans de plusieurs gares nouvelles d'un grand intérêt.

Gare du Nord, voyageurs. — La figure 44 représente les dispositions générales de la nouvelle gare à voyageurs du chemin de fer du Nord, dont les bâtiments principaux ont été représentés tome IIe, fig. 191.

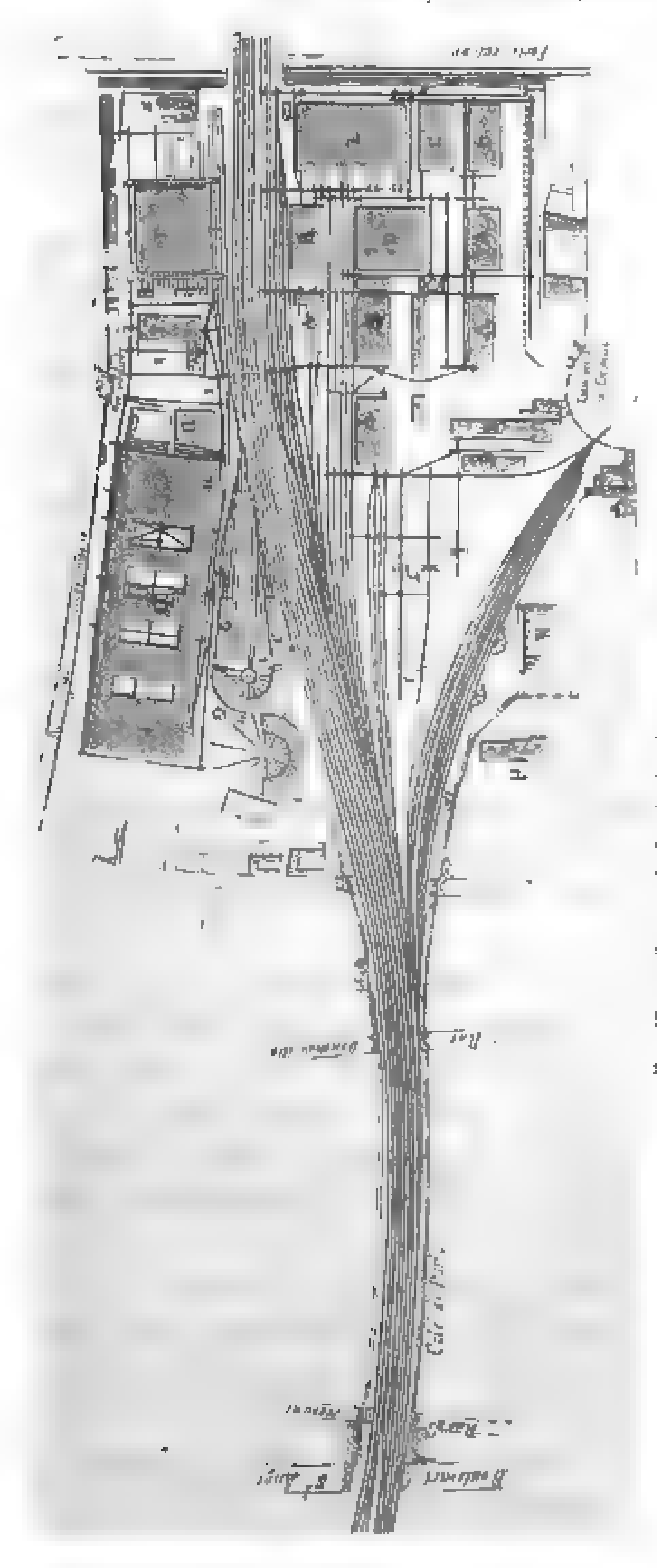


Fig. 45. — Chemin de fer du Nord, gare de la Chapelle.

A Arrivages (halles).
B Ceinture (halles).
C Matériel des voies.
D Entrepôt.
E Expéditions (halles).
F Remise de voitures.
G Remise de machines.
H Hangar à bois.
I Montage.
K Tours.
L Bureau.
M Écuries.
N Forge.
O Camions et voitures.
S Octroi.
T Écoupoint.
U Ajustage.
V Grues.
X Gazomètre.
Z Bureaux.

La légende indique suffisamment l'usage des différents quais des différentes voies, etc., de cette gare.

On remarquera qu'on n'a pas hésité à multiplier les coupements obliques des voies, lorsque les besoins du service ont paru les rendre nécessaires.

Gare du Nord, marchandises. — La figure 45 nous offre le plan de la nouvelle gare à marchandises du chemin de fer du Nord.

Cette gare, qui couvre une surface de 34 hectares environ, renferme, indépendamment des bâtiments nécessaires au service des marchandises, des ateliers de réparation et deux remises de locomotives en fer à cheval.

La disposition des voies en éventail a prévalu dans cette gare, comme elle prévaut généralement dans les gares nouvelles.

La surface des quais couverts est de 28,000 mètres à peu près.

La legende fournit les données nécessaires pour se rendre compte de la disposition des ateliers.

Ces ateliers occupent une surface de 12 hectares, dont 4 hectares et demi sont couverts.

Les cours des ateliers ont environ 10,000 mètres, le reste de la surface est occupé par les voies, chantiers, dépôts, etc.

La surface de la partie consacrée à l'atelier de montage est d'environ 12,000 mètres.

La surface consacrée aux ateliers d'ajustage et aux forges est de 3,500 mètres, l'atelier des wagons occupe 6,000 mètres.

C'est dans cette gare de la Chapelle que se trouve l'embranchement, qui réunit la gare du Nord à celle de l'Est.

Gare de la Rapée. — La figure 46 représente la gare de marchandises de la Rapée, sur le réseau Lyon-Méditerranée, construite tout récemment.

On voit que c'est une gare avec voies en éventail.

La halle couverte BB offre cette particularité, que ne présente aucune autre gare des environs de Paris, d'être établie sur des caves où se logent des vins.

Dans ces caves se trouvent des quais avec voies latérales et un chemin de voitures comme à la surface.

Les quais de la surface sont mis en rapport avec ceux des caves par un puits et une machine élévatoire.

Les quais SS sont consacrés au service du chemin de ceinture.

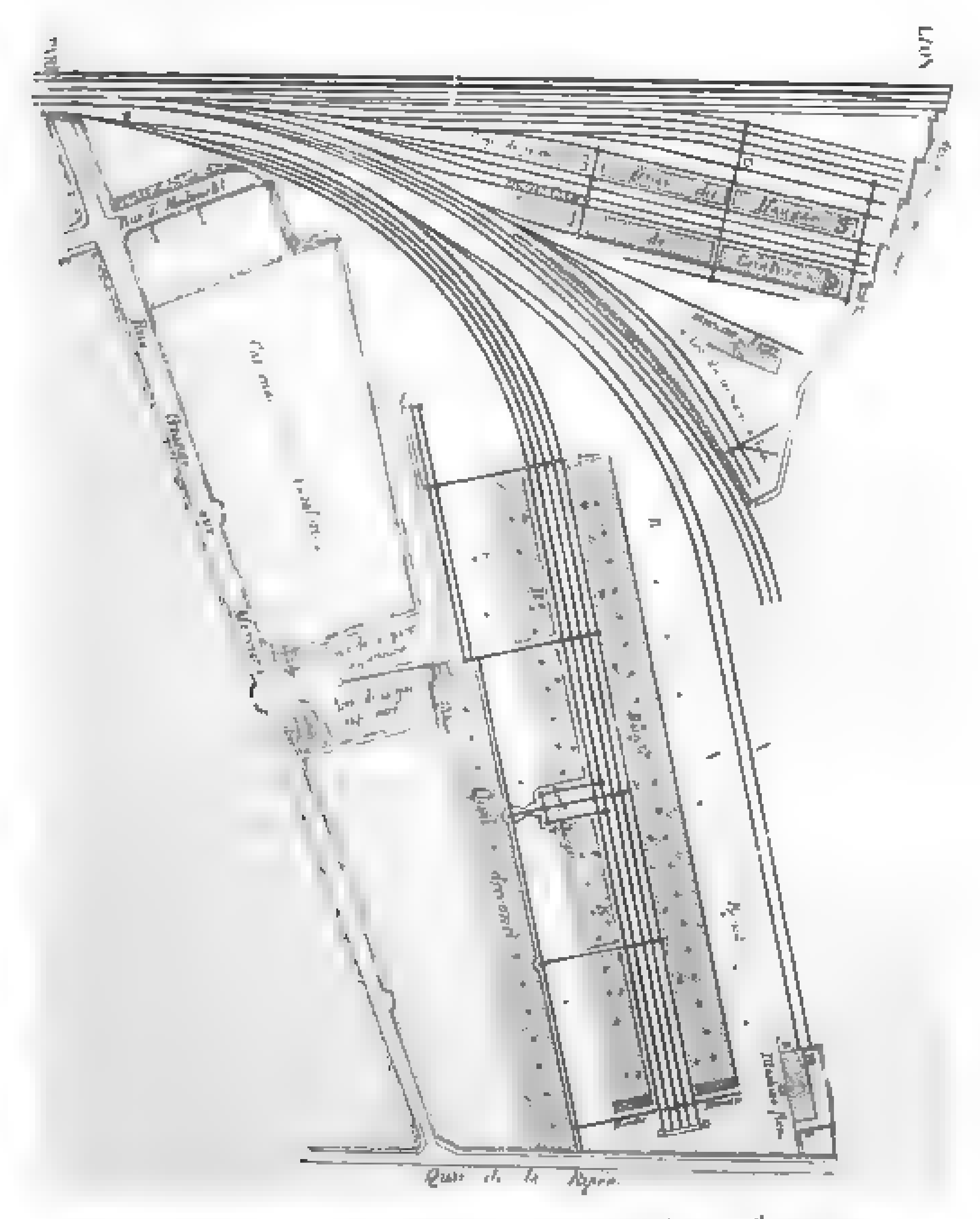


Fig. 46. — Chemin de Lyon-Méditerranée. Gare de la Rapée, à Paris. — Étage supérieur.

Dans l'espace compris entre ces voies et les quais du chemin de ceinture se trouve placé un chantier pour la voie.

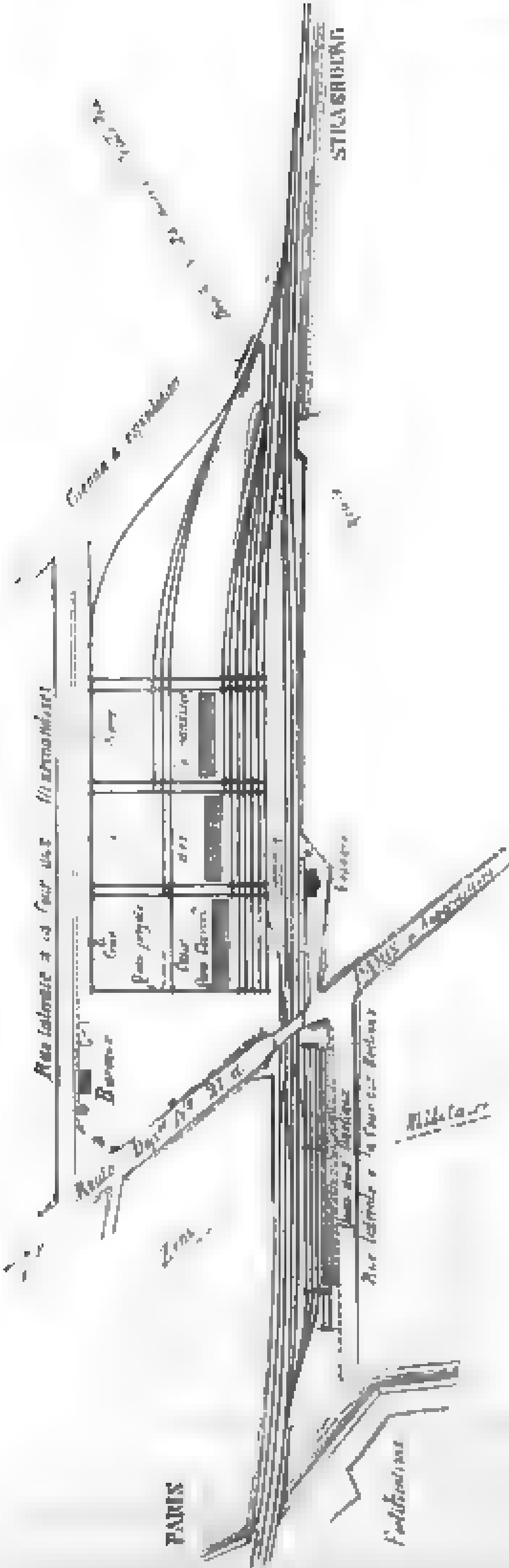


Fig. 47. — Chemin de l'Est. Gare à voyageurs et à marchandises de Pantin.

La surface totale pour la gare de la Rapée est de 60 hectares environ.

La surface des quais de 6,000 mètres.

Gare de Pantin. — La compagnie de l'Est a établi en dehors des fortifications, à Pantin, une nouvelle gare à marchandises dans des conditions toutes spéciales.

Les quais à marchandises ne sont pas placés sur une même ligne comme dans les autres gares, ils sont en retraite les uns sur les autres, de telle façon que les trains peuvent être amenés devant ces quais séparément avec la machine sans qu'il soit nécessaire pour cela de recourir aux plaques

Le service des bestiaux qui, dans cette gare, aura une grande importance, s'effectuera sur un quai spécial plus rapproché de Paris que les quais à voyageurs.

La surface totale de cette gare est de 140 hectares, dont 100 environ consacrés au service des marchandises, 15 aux quais à bestiaux, et le reste aux garages et voies.

Types d'Orléans. — Les figures 48, 49, 50 et 51, représentent les types adoptés par M. Morandière pour les nouvelles lignes du réseau d'Orléans.

On s'écarte plus ou moins des types, lorsque le service ou le terrain l'exigent.

Dans ces types de gare, comme en général dans tous ceux du réseau d'Orléans, les voies de marchandises se raccordent à l'aide d'aiguilles placées sur une voie oblique avec les voies principales.

Les voies placées entre les trottoirs de voyageurs sont, dans cette gare comme dans celle de Château-Thierry, au nombre de trois; seulement la relation avec les voies principales n'est pas établie exactement de la même manière.

Les voies de remisage de wagons sont mises en relation avec les voies principales, au moyen d'un chariot placé devant la remise et de plaques tournantes posées sur les voies principales.

Dans les gares de 2e classe, le nombre des voies entre les trottoirs se trouve réduit à deux. Dans ce type de 2e classe, comme dans celui de 3e, nous retrouvons des plaques sur les voies principales; ce n'est que dans les gares de 4e classe que les plaques ont été entièrement supprimées. Nous ne trouvons de remise à wagons que dans le type de 1re classe, mais il existe

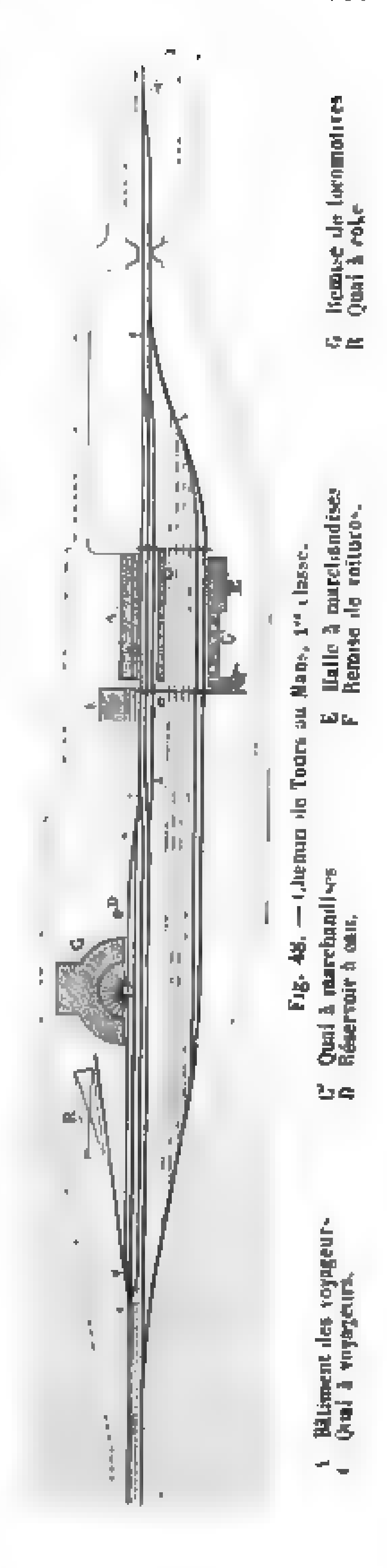


Fig. 48. — Chemin de Tours au Mans, 1re classe.

A Bâtiment des voyageurs. B Quai à voyageurs. C Quai à marchandises. D Réservoir à eau. E Halle à marchandises. F Remise de voitures. G Remise de locomotives. H Quai à coke.

encore une remise de locomotive dans le type de 2e classe. Le remisage et l'alimentation ont lieu exactement comme dans la gare de Bricklayers (fig. 200, IIe vol.).

Le type de 3e classe et celui de 4e ne sont que ceux de 1re et 2e classe simplifiés.

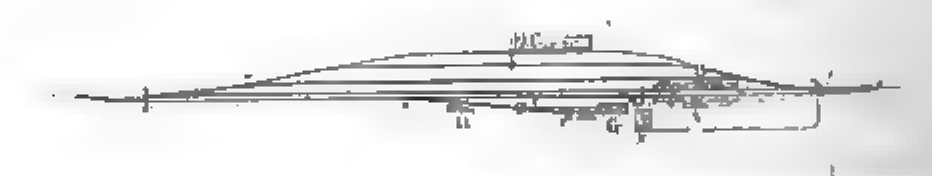


Fig. 49. — Chemin de Tours au Mans, 2e classe.

A Bâtiment des voyageurs.
B Abri des voyageurs.
C Quai à voyageurs.
C' Quai à marchandises.
D Réservoir à eau.
E Halle à marchandises.
G Remise de locomotives.
H Quai à coke.

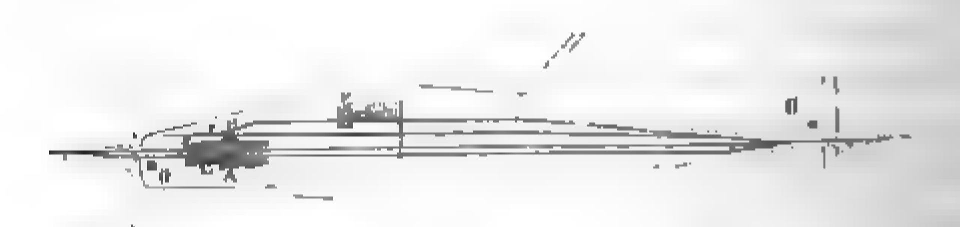


Fig. 50. — Chemin de Tours au Mans, 3e classe.

A Bâtiment des voyageurs.
B Abri.
C Quai à voyageurs.
C' Quai à marchandises.
E Halle à marchandises.
O Maison de garde.

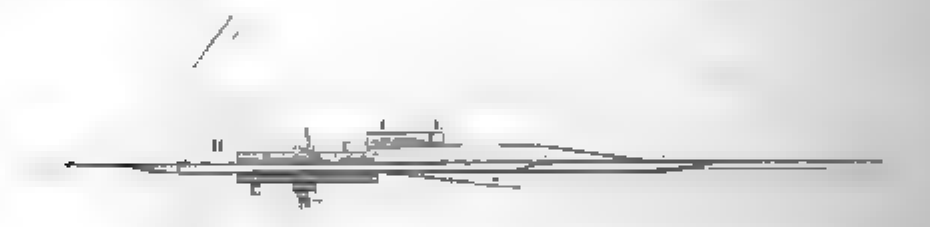


Fig. 51. — Chemin de Tours au Mans, 4e classe.

A Bâtiment des voyageurs.
B Abri des voyageurs.
C Quai à voyageurs.
C' Quai à marchandises.
E Halle à marchandises.
O Maison de garde.

Nous extrayons du travail de M. Morandière les tableaux suivants, qui donnent les dimensions des diverses parties des gares types d'Orléans, et le chiffre des dépenses partielles et totales.

NOTES DIVERSES RELATIVES AUX STATIONS.

Nos d'ordre	NATURE DES OUVRAGES		DÉSIGNATION DES GARES.				
			1re classe ou principale.	Gare de bifurcation.	2e classe	3e classe	4e classe
	1° Dimensions des bâtiments.						
1	Débarcadère.	Longueur	100m	55m,50	25m	18m	12m
		Largeur	9	9	8	7 50	6 20
		Superficie	900m²	500m²	200m²	135m²	75m²
2	Gare des marchandises	Longueur de la surface couverte. . .	77m	34m	38m	18m	7m
		Largeur	22 60	20 60	22 60	20 60	11 60
		Superficie.	1,740m²	700m²	860m²	371m²	80m²
3	Quais découverts. . . .	Longueur . . .	100m	60m	60m	50m	34m
		Largeur.	10	8	10	8	8
	2° Voie de garage et accessoires						
4	Longueur des voies d'évitement . .		1,500m	1,900m	800m	700m	375m
5	Longueur des voies de garage et de service.		1,700	2,800	1,200	800	165
6	Longueur des voies pour les remises.		1,700	1,700	640	»	»
	Ensemble.		4,900m	5,700m	2,640m	1,500m	740m
7	Nombre d'aiguilles.		15	22	10	8	5
8	Nombre de plaques tournantes de 4m,40.		10	14	4	2	»
9	Nombre de mâts de signaux. . . .		4	10	1	2	3
	3° Étendue des gares						
10	Superficie des terrains acquis pour la gare en dehors du chemin. . .		8 hect	10 hect	6 hect.	3 hect	1 h 40 a
11	Superficie de la plate-forme de la gare en dehors du chemin. . .		60,000m²	60,000m²	40,000m²	25,000m²	10,000m²

TABLEAU RÉCAPITULATIF POUR LES STATIONS DES DIVERSES CLASSES.

N°s D'ORDRE	NATURE DES OUVRAGES.	DÉSIGNATION DES GARES.				
		1re CLASSE ou principale.	GARE de bifurcation	2e CLASSE.	3e CLASSE	4e CLASSE.
	§ 1. *Bâtiments et constructions diverses*	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	Débarcadère	225,000	100,000	45,000	30,000	19,500
2	Halle ou marquise, hangar, lieux, trottoirs ou accessoires.	108,000	146,500	15,800	10,200	7,500
3	Bâtiment pour la gare des marchandises.	70,000	28,000	35,000	15,000	4,900
4	Quais et rampes pour les marchandises	90,000	10,000	11,500	7,200	3,050
5	Remise des voitures. .	56,000	42,300	26,000	»	»
6	Remise des locomotives.	185,000	185,000	49,000	»	»
7	Petits bâtiments pour l'alimentation d'eau.	16,000	16,000	16,000	»	»
8	Abords, clôtures, aqueducs et divers	92,000	54,000	22,100	7,600	1,650
	Ensemble pour le § 1 . .	730,000	580,000	220,000	70,000	40,000
	§ 2. *Doubles voies et objets divers*					
9	Pour le service général .	212,000	200,000	128,000	89,000	44,900
10	Pour la remise des voitures .	15,000	15,000	8,000	»	»
11	Pour la remise des locomotives. . .	79,400	81,200	41,000	»	»
	§ 3. *Mobilier des stations et matériel des ateliers*					
12	Mobilier des stations.	25,000	12,000	5,000	1,000	600
13	Grues et objets divers pour les marchandises.	34,000	14,000	10,000	10,000	»
14	Matériel pour l'alimentation d'eau	84,600	87,800	53,800	»	»
	Ensemble pour les §§ 2 et 3. .	450,000	500,000	245,000	100,000	45,000
	Report pour le § 1 .	730,000	580,000	220,000	70,000	40,000
	Totaux. . . .	1,200,000	1,080,000	465,000	170,000	85,500
	§ 4. *Acquisitions de terrains* Mémoire					
	§ 5. *Terrassements* — Mémoire.					

STATION DE 4e CLASSE.

§ 1. — BATIMENTS ET CONSTRUCTIONS DIVERSES.

N° d'ordre	DÉSIGNATION des OUVRAGES.	DIMENSIONS. Longueur.	Largeur.	Superficie.	NATURE de l'unité.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES partielles.	totales.	OBSERVATIONS.
	1° Débarcadère	met	met	met	Le mètre	f	fr	f	Superficie des terrains occupés en dehors des emprises ordinaires du chemin
1	Bâtiment des voyageurs.	12 00	6 20	75	Superficie	260	19,500		
2	Hangar d'abri	9 20	3 60	33	Id	150	5,000		
3	Trottoirs des voyageurs, les deux ensemble	200 00	1 00	»	Linéaire	10	2,000	26,800	[illegible] m. q.
4	Recouvrement en asphalte	12 50	4 00	50	Superficie	6	300		
	2° Gare des marchandises.								Superficie de la gare des marchandises en dehors également de la largeur du chemin seul = 10,000 m. c.
5	Bâtiment (espace couvert)	7 00	11 60	80	Superficie	60	4,800		
6	Quai couvert asphalté	5 00	7 00	»	Linéaire	50	250		
7	Quai découvert empierré	54 00	8 00	»	Id	50	2,700	8,750	
8	Rampe et quai d'embarquement.	12 00	11 70	»	Id.	»	1,000		
9	*3° Abords, clôtures, aqueducs, pavages, empierrements et divers.*							4,450	
	ENSEMBLE							40,000	

§ 2. — VOIES DE GARAGE ET MATÉRIEL.

N° d'ordre	DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	LONGUEUR ou NOMBRE.	PRIX de l'unité.	DÉPENSES partielles.	totales.	OBSERVATIONS.
	1° Voies et objets du service général		fr	f		
1	Double voie pour le passage des trains	625m	40	25,000		
2	Voies de garage.	165m	40	6,600		
3	Changements et croisements de voies	5	1,800	9,000		
4	Mâts de signaux	1	1,500	1,500	44,900	
5	Télégraphie.	»	»	600		
6	Divers	»	»	2,200		
7	*2° Mobilier de la station*				600	
	Ensemble				45,500	
	Report du § 1				40,000	
	TOTAL				85,500	

STATION DE 3e CLASSE.

§ 1. — BATIMENT ET CONSTRUCTIONS DIVERSES.

Nos D'ORDRE	DÉSIGNATION des OUVRAGES.	DIMENSIONS			NATURE de L'UNITÉ	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES		OBSERVATIONS.
		LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE			PARTIELLES	TOTALES	
	1° *Débarcadère.*	met	met	met	Le mètre	fr	fr	fr	Superficie des terrains occupés en dehors des emprises ordinaires du chemin = 5 hect.
1	Bâtiment des voyageurs.	18 00	7 50	131	Superfic	250	30,000	40,200	
2	Hangar d'abri . . .	12 00	4 60	55	Id	140	7 700		
3	Trottoirs des voyageurs, les deux ensemble	200 00	4 00	»	Linéaire	10	2 000		
4	Recouvrement en asphalte	20 00	4 00	80	Superfic	6	500		
	2° *Gare des marchandises*								Superficie de la plate-forme des terrassements en dehors également de la surface du chemin seul = 38,000 m. c.
5	Bâtiment séparé couvert	18 00	20 00	371	Superfic	40	15,000	22,200	
6	Quai couvert asphalté .	13 50	8 00	»	Linéaire	150	2,000		
7	Quai découvert empierré. .	50 00	8 00	»	Id	80	4,000		
8	Rampe et quai d'embarquement	15 00	11 50	»	Id	»	1 200		
9	3° *Abords, clôtures, aqueducs, pavages, empierrements et divers* .							7,600	
	ENSEMBLE							70,000	

§ 2. — VOIES DE GARAGE ET MATÉRIEL.

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	LONGUEUR ou NOMBRE.	PRIX de L'UNITÉ.	DÉPENSES		OBSERVATIONS.
				PARTIELLES.	TOTALES.	
	1° *Voies et objets du service général.*		fr	fr	fr	
1	Double voie pour le passage des trains.	700m	40	28,000	89,000	
2	Voies de garage.	800m	40	32,000		
3	Changements et croisements de voies. . .	8	1,800	14,000		
4	Plaques tournantes.	2	5,000	10,000		
5	Mâts de signaux.	2	1,500	3,000		
6	Télégraphie.	»	»	600		
7	Divers.	»	»	1,000		
8	2° *Mobilier de la station.*	»	»	»	1,000	
9	3° *Grue de 6 tonnes pour le quai des marchandises.*	1	»	»	10,000	
	ENSEMBLE.				100,000	
	Report du § 1				70,000	
	TOTAL.				170,000	

STATION DE 2e CLASSE.

§ 1. — BATIMENTS, CONSTRUCTIONS DIVERSES ET ACCESSOIRES.

N° D'ORDRE.	DÉSIGNATION des OUVRAGES.	DIMENSIONS.			NATURE de l'UNITÉ.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES		OBSERVATIONS.
		LONGUEUR.	LARGEUR.	SUPERFICIE.			PARTIELLES.	TOTALES.	
	1° *Débarcadère.*	mèt.	mèt.	mèt.	Le mètre	fr.	fr.	fr.	Superficie des terrains occupés en dehors des emprises ordinaires du chemin = 4 hect. Superficie de la plate-forme des terrassements en dehors également de la largeur du chemin seul = 40.000 m. c.
1	Bâtiment des voyageurs	25 00	8 00	200	Superficie	225	45,000		
2	Halle couverte ou grande marquise.	»	»	»	Id.	»	»		
3	Hangar d'abri. . . .	11 20	3 60	40	Id.	100	4,000		
4	Lieux isolés, deux ensemble.	10 00	2 60	52	Id.	150	8,600	60,600	
5	Trottoirs des voyageurs, les deux ensemble. .	240 00	5 00	»	Linéaire.	10	2,400		
6	Recouvrement en asphalte.	»	»	»	Superficie	»	»		
7	Banc pour le contrôle . .	»	»	200	Linéaire	6	1,200		
	2° *Gare des marchandises*								
8	Bâtiment (espace couvert).	38 00	22 00	800	Superficie	40	35,000		
9	Quai couvert asphalté.	35 50	10 00	»	Linéaire.	140	5,000		
10	Quai découvert empierré .	60 00	10 00	»	Id.	80	4,800	46,500	
11	Rampe et quai d'embarquement.	15 00	15 50	»	Id.	»	1,500		
	3° *Remise des voitures.*								
12	Bâtiment pour 12 voitures	26 00	20 00	520	Superficie	50	26,000	26,000	
	4° *Remise des locomotives*								
13	Remise pour 2 machines.	21 00	11 00	231	Superficie	60	14,000		
14	Logements et ateliers. . .	12 00	11 00	131	Id.	200	26,000		
15	3 fosses à piquer le feu.	»	»	»	La pièce	1,000	3,000	49,000	
16	Fondation d'une grande plaque tournante. . . .	»	»	»	Id.	»	6,000		
17	5° *Bâtiment du réservoir d'eau*	H = 6m	»	»	Id.	»	8,000		
18	6° *Bâtiment de la machine fixe*	8 00	6 00	48	Superficie.	125	6,000	16,000	
19	Aqueduc de prise d'eau et abords. . . .	»	»	»	»	»	2,000		
20	7° *Abords, clôture, aqueducs, pavages, empierrements et divers*							22,100	
	TOTAL.							220,000	

§ 2 — VOIES DE GARAGE, MATÉRIEL ET ACCESSOIRES.

Nos D'ORDRE	DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	LONGUEUR ou NOMBRE	PRIX de L'UNITÉ.	DÉPENSES PARTIELLES	DÉPENSES TOTALES	OBSERVATIONS.
	1° Voies et objets du service général		fr	fr	fr	
1	Double voie pour le passage des trains. .	800m	40	32,000		
2	Voies de garage.	1 200m	40	48,000		
3	Changements et croisements de voies	10	1,800	18,000		
4	Plaques tournantes.	4	5,000	20,000	128,000	
5	Mâts de signaux.	4	1,500	6,000		
6	Télégraphie.	»	»	1,000		
7	Divers.	»	»	3,000		
	2° Voies pour la remise des voitures.					
8	Voies couvertes et voies d'accès au chariot	140m	40	5,600	8,600	
9	Chariot, fosse comprise	»	»	3,000		
	3° Voies pour la remise des locomotives.					
10	Grande plaque tournante de 12 mètres. .	1	»	18,000		
11	Voies couvertes et voies allant à la plaque	500m	40	20,000		
12	Cœurs pour croisements.	»	»	»	41,600	
13	Voies extérieures	»	»	»		
14	Changements et croisements.	2	1,800	3,600		
15	*4° Mobilier de la station.*	»	»	»	3,000	
	5° Grues de chargement pour les marchandises.					
16	Grue de 6 tonnes pour le quai des marchandises.	1	»	10,000	10,000	
17	Grue de 20 tonnes.	»	»	»		
18	Bascule de 20 tonnes.	»	»	»		
	6° Matériel pour l'alimentation d'eau et pour les dépôts.					
19	Réservoir en tôle contenant 100 mètres cubes.	1	»	6,500		
20	Deux grues à colonne.	»	»	4,000		
21	Fosses à piquer le feu.	2	1,000	2,000		
22	Bornes-fontaines avec les accessoires .	6	150	900		
23	Machine fixe de 4 chevaux.	1	»	10,000	53,800	
24	Tuyaux pour l'alimentation libre, diamètre $0^m,135$.	400m	15	6,000		
25	Tuyaux de refoulement, diamètre $0^m,108$	1,200m	11	13 200		
26	Grue roulante dans la remise des locomotives.	»	»	»		
27	Outillage, estacade et divers.	»	»	11,900		
	TOTAL.				245,000	

RÉCAPITULATION :

§ 1. — Constructions diverses. . . . . 220,000 fr.
§ 2. — Voies et accessoires. 245,000

TOTAL. . . . . 465,000 fr.

STATION DE 1re CLASSE, OU PRINCIPALE

§ 1. BATIMENTS, CONSTRUCTIONS DIVERSES ET ACCESSOIRES

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION des OUVRAGES	DIMENSIONS LONGUEUR	DIMENSIONS LARGEUR	DIMENSIONS SUPERFICIE	NATURE de l'UNITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSES PARTIELLES	DÉPENSES TOTALES	OBSERVATIONS
	1° Débarcadère	mèt.	mèt.	mc.		fr.		fr.	Superficie des terrains occupés en dehors des emprises ordinaires du chemin — 8 hect.
1	Bâtiment des voyageurs	100 00	9 00	900	Superficie	250	225,000		
2	Salle couverte ou grande marquise	100 00	13 25	1,325	Id.	[illegible]	75,000		
3	Hangar d'abri	»	»	»	Id.	»	»		
4	Lieux isolés, les deux ensemble	10 00	7 00	140	Id.	160	22,400	333,000	Surface de la plate-forme des terrassements en dehors également de la largeur du chemin seul = 10.000 m. c.
5	Trottoirs des voyageurs, les deux ensemble	240 00	5 00	»	Linéaire.	10	2,400		
6	Recouvrement en asphalte	240 00	5 00	1,200	Superficie	6	7,200		
7	Banc pour le contrôle	100 00	»	»	Linéaire.	50	5,000		
	2° Gare des marchandises								
8	Bâtiment (espace couvert)	77 00	22 60	1,740	Superficie.	40	70,000		
9	Quai couvert asphalté	71 50	10 00	»	Linéaire	140	10,000		
10	Quai découvert empierré	100 00	10 00	»	Id.	80	8,000	90,000	
11	Rampe et quai d'embarquement	20 00	13 50	»	Id.	»	2,000		
	3° Remise des voitures								
12	Bâtiment pour 16 voitures	34 00	21 00	714	Superficie	50	36,000	36,000	
	4° Remise des locomotives								
13	Remise pour 16 machines	D=40m	»	1,600	Superficie	60	96,000		En rose annulaire
14	Logements et ateliers	40 00	16 00	640	Id.	100	64,000		
15	17 fosses à piquer le feu	»	»	»	La pièce.	1,000	17,000	185,000	
16	Fondations d'une grande plaque tournante	»	»	»	Id.	»	6,000		
17	*5° Bâtiment du réservoir d'eau*	D=6m	»	»	Id.	»	8,000		
18	*6° Bâtiment de la machine fixe*	8 00	6 00	48	Superficie.	125	6,000	16,000	
19	Aqueduc de prise d'eau et abords	»	»	»	»	»	2,000		
20	*7° Abords, clôtures, aqueducs, pavages, empierrements et divers*							62,000	
	TOTAL							770,000	

§ 2. — VOIES DE GARAGE, MATÉRIEL ET ACCESSOIRES.

Nos d'ordre	DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	LONGUEUR ou NOMBRE.	PRIX de L'UNITÉ.	DÉPENSES PARTIELLES.	DÉPENSES TOTALES.	OBSERVATIONS.
	1° Voies et objets du service général		fr	fr	fr	
1	Double voie pour le passage des trains. .	1,500m	40	60,000		
2	Voies de garage.	1,700m	40	68,000		
3	Changements et croisements de voies.	13	1,800	23,400		
4	Plaques tournantes de 4m,40.	10	5,000	50,000	212,000	
5	Mâts de signaux.	4	1,500	6,000		
6	Télégraphie.	»	»	1,000		
7	Divers.	»	»	3,600		
	2° Voies pour la remise des voitures.					
8	Voies couvertes et voies d'accès au chariot.	300m	40	12,000	15,000	
9	Chariot, fosse comprise.	»	»	3,000		
	3° Voies pour la remise des locomotives					
10	Grande plaque tournante de 12 mètres .	1	»	18,000		
11	Voies couvertes et voies allant à la plaque.	800m	40	24,000		
12	Cœurs pour croisements.	»	»	»	79,400	
13	Voies extérieures.	800m	40	32,000		
14	Changements et croisements. . .	3	1,800	5,400		
15	*4° Mobilier de la station. . .*	»	»	25,000	25,000	
	5° Grues de chargement pour les marchandises.					
16	Grue de 6 tonnes pour le quai des marchandises.	1	»	10,000		
17	Grue de 20 tonnes	1	»	20,000	34,000	
18	Bascule de 20 tonnes.	1	»	4,000		
	6° Matériel pour l'alimentation d'eau et pour les dépôts.					
19	Réservoir en tôle contenant 100 mètres cubes.	1	»	6,500		
20	Deux grues à colonne et une grue applique	»	»	5,000		
21	Deux fosses à piquer le feu.	2	1,000	2,000		
22	Bornes fontaines avec les accessoires . .	8	150	1,200		
23	Machine fixe de 4 chevaux	1	»	10,000	84,600	
24	Tuyaux pour l'alimentation libre, diamètre 0m,135.	600m	15	9,000		
25*	Tuyaux de refoulement, diamètre 0m,108.	1,600m	11	17,600		
26	Grue roulante dans la remise des locomotives	1	»	6,000		
27	Outillage, estacade et divers .	»	»	27,700		
	TOTAL.				450,000	

RÉCAPITULATION

§ 1. —	Constructions diverses	750,000 fr.
§ 2. —	Voies et accessoires.	450,000
	TOTAL	1,200,000 fr.

STATION DE BIFURCATION

§ 1. — BATIMENTS, CONSTRUCTIONS DIVERSES ET ACCESSOIRES.

N° D'ORDRE.	DÉSIGNATION des OUVRAGES.	DIMENSIONS			NATURE de L'UNITÉ	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSES		OBSERVATIONS.
		LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE			ARTICLES	TOTAUX	
	1° Débarcadère	mèt	mèt	mèt	Le mètre	fr	fr	fr	Superficie des terrains occupés en dehors des emprises ordinaires du chemin = 12 hect
1	Bâtiment des voyageurs	55 55	9 00	500	Superfic	200	100,000		
2	Halle couverte ou grande marquise	100 00	25 00	2,500	Id	50	122,500		
3	Hangar d'abri	»	»	»	Id	»	»		
4	Lieux isolés, deux ensemble	12 00	3 50	80	Id.	150	12,000	246,500	Surface de la plate-forme des terrassements en dehors également de la largeur du chemin seul 60,000 m. c.
5	Trottoirs des voyageurs, trois ensemble	300 00	3 00	»	Linéaire.	10	3,000		
6	Recouvrement en asphalte	300 00	5 00	1,500	Superfic	6	9,000		
7	Banc pour le contrôle	»	»	»	Linéaire	»	»		
	2° Gare des marchandises								
8	Bâtiment (espace couvert)	34 00	20 60	700	Superfic	40	28,000		
9	Quai couvert asphalté.	51 20	8 00	»	Linéaire	130	4,000		
10	Quai découvert empierré.	60 00	8 00	»	Id.	80	4,800	38,000	
11	Rampe et quai d'embarquement	15 00	11 50	»	Id.	»	1,200		
	3° Remise des voitures								
12	Bâtiment pour 21 voitures	34 00	25 00	850	Superfic	50	42,500	42,500	
	4° Remise des locomotives								
13	Remise pour 16 machines.	R=40m	»	1,000	Id	60	96,000		Remise circulaire.
14	Logements et ateliers.	40 00	16 00	640	Id	100	64,000		
15	17 fosses à piquer le feu	»	»	»	La pièce	1,000	17,000	185,000	
16	Fondation d'une grande plaque tournante	»	»	»	Id	»	6,000		
17	*5° Bâtiment du réservoir d'eau*	R=6m	»	»	Id	»	8,000		
18	*6° Bâtiment de la machine fixe*	8 00	6 00	48	Superfic.	125	6,000	16,000	
19	Aqueduc de prise d'eau et abords	»	»	»	»	»	2,000		
20	*7° Abords, clôtures, aqueducs, pavages, empierrements et divers*							54,000	
	TOTAL							[illegible]	

§ 2. — VOIES DE GARAGE, MATÉRIEL ET ACCESSOIRES.

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	LONGUEUR ou NOMBRE.	PRIX de L'UNITÉ.	DÉPENSES PARTIELLES.	DÉPENSES TOTALES.	OBSERVATIONS.
	1° Voies et objets du service général.		fr	fr	fr	
1	Double voie pour le passage des trains..	1,200m	40	48,000		
2	Voies de garage	2,800m	40	112,000		
3	Changements et croisements de voies. .	22	1,800	39,600		
4	Plaques tournantes..	14	5,000	70,000	290,000	
5	Mâts de signaux	10	1,500	15,000		
6	Télégraphie.	»	»	1,500		
7	Divers.	»	»	3,900		
	2° Voies pour la remise des voitures					
8	Voies couvertes et voies d'accès au chariot.	300m	40	12,000	15,000	
9	Chariot, fosses comprises.	»	»	3,000		
	3° Voies pour la remise des locomotives					
10	Grande plaque tournante de 12 mètres	1	»	18,000		
11	Voies couvertes et voies allant à la plaque	600m	40	24,000		
12	Cœurs pour croisements	»	»	»	81,200	
13	Voies extérieures	800m	40	32,000		
14	Changements et croisements.. .	4	1,800	7,200		
15	*4° Mobilier de la station.* . .	»	»	12,000	12,000	
	5° Grues de chargement pour les marchandises.					
16	Grue de 6 tonnes pour le quai des marchandises.	1	»	10,000		
17	Grue de 20 tonnes. . .	»	»	»	14,000	
18	Bascule de 20 tonnes	1	»	4,000		
	6° Matériel pour l'alimentation d'eau et pour les dépôts.					
19	Reservoir en tôle contenant 200 mètres-cubes.	1	»	11,500		
20	Deux grues à colonne et une grue applique.	»	»	5,000		
21	Fosses à piquer le feu.	2	1,000	2,000		
22	Bornes-fontaines avec les accessoires.. .	8	150	1,200		
23	Machine fixe de 4 chevaux.	1	»	10,000	87,800	
24	Tuyaux pour l'alimentation libre, diamètre 0m,135.	600m	15	9,000		
25	Tuyaux de refoulement, diamètre 0m,108.	1,600m	11	17,600		
26	Grue roulante dans la remise des locomotives	1	»	6,000		
27	Outillage, estacade et divers	»	»	25,500		
	TOTAL.				500,000	

RÉCAPITULATION :

§ 1. — Constructions diverses. . . . 580,000 fr.
§ 2. — Voies et accessoires 500,000

TOTAL. . . . . 1,080,000 fr.

PETITES REMISES POUR VOITURES ET POUR LOCOMOTIVES

Nos d'ordre.	NATURE DES OUVRAGES.	DIMENSIONS			NATURE de L'UNITÉ	PRIX de L'UNITÉ	DÉPENSES.		
		LONGUEUR.	LARGEUR.	SUPERFICIE.			PARTIELLES.	PAR STATION.	TOTALES.
	§ 3. *Petite remise pour 6 voitures.*	met.	met.	met.	Le mètre	fr.	fr.	f.	f.
1	Bâtiment	20	15	300	Superfic.	50	»	15,000	
2	Voies couvertes et voies d'accès au chariot	80	»	»	Linéaire	40	3,200	16,200	
3	Chariot, fosse comprise	»	»	»	»	»	3,000		
4	2 plaques tournantes de 4m 40.	»	»	»	»	5,000	10,000		
5	Abords et divers	»	»	»	»	»	»	1,800	
	TOTAL							33,000	33,000
	§ 2. *Petite remise pour 2 machines*								
1	Bâtiment pour les machines	21	11	231	Superfic	60	14,000	40,000	
2	Logement du chef de dépôt	12	11	132	Id.	200	26,000		
3	3 fosses à piquer le feu	»	»	»	»	1,000	3,000	3,000	
4	Voies couvertes et voies d'accès	500	»	»	»	40	20,000	23,600	
5	2 changements et croisements de voies	»	»	»	»	1,800	3,600		
6	Grande plaque tournante	»	»	»	»	»	18,000	24,000	
7	Fondation et mise en place de cette plaque	»	»	»	»	»	6,000		
8	Outillage, estacade et divers	»	»	»	»	»	9,400	9,400	
	TOTAL							100,000	100,000
	§ 1. *Petite remise pour 6 machines.*								
1	Bâtiment pour les machines	40	15	600	Superfic	60	36,000	62,000	
2	Logement du chef de dépôt.	12	11	132	Id.	200	26,000		
3	7 fosses à piquer le feu	»	»	»	»	1,000	7,000	7,000	
4	Voies couvertes et voies d'accès.	900	»	»	»	40	36,000	45,000	
5	5 changements et croisements de voies	»	»	»	»	1,800	9,000		
6	Grande plaque tournante.	»	»	»	»	»	18,000	24,000	
7	Fondation et mise en place de cette plaque	»	»	»	»	»	6,000		
8	Grue roulante.	»	»	»	»	»	6,000	16,000	
9	Outillage, estacade et divers	»	»	»	»	»	10,000		
	TOTAL							154,000	154,000

OUVRAGES POUR L'ALIMENTATION D'EAU.

N°s D'ORDRE	NATURE DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX de L'UNITÉ.	DÉPENSES PARTIELLES.	DÉPENSES PAR SECTION.	DÉPENSES TOTALES.
	§ 1. Pour une gare importante					
	1° BATIMENTS.		fr	fr	fr.	fr
1	Bâtiment supportant le réservoir. . . .	8 — 6^m,00	»	8,000		
2	Bâtiment pour la machine fixe (8^m,00 × 6^m,00)	48^m	125	6,000	16,000	
3	Aqueduc, prise d'eau et abords. . .	»	»	2,000		
	2° RÉSERVOIR D'EAU.					
4	Un réservoir en tôle, avec ses tuyaux verticaux.	pour 100^m	»	5,000	6,500	
5	Un réchauffeur.	»	»	1,500		
	3° ACCESSOIRES DU RÉSERVOIR.					
6	Une grue applique.	»	»	1,000		
7	Deux grues à colonne.	2	2,000	4,000	9,200	
8	Bornes-fontaines.	8	150	1,200		
9	Fosses à piquer le feu.	3	1,000	3,000		
	4° MACHINE FIXE.					
10	Une machine à vapeur de la force de 4 chevaux	»	»	5,000		
11	Cloche à air avec valve d'arrêt.	»	»	750		
12	Chaudière en tôle avec ses accessoires. .	»	»	2,250	10,000	
13	Fourneau en briques.	»	»	1,000		
14	Cheminée en briques de 12 mètres de hauteur.	»	»	1,000		
	5° TUYAUX D'ALIMENTATION					
15	Tuyaux pour l'alimentation libre, de 0^m,135 de diamètre.	600^m	15	9,000	26,600	
16	Tuyaux de refoulement de 0^m,108 de diamètre	1,600	11	17,600		
17	Estacade, petit outillage et divers. .	»	»	»	16,700	
	TOTAL. . . .	. . . .	.		85,000	85,000
	§ 2. Pour une gare secondaire.					
1	Bâtiments, comme ci-dessus. .	»	»	»	16,000	
2	Réservoir, id.	»	»	»	6,500	
3	Deux grues à colonnes	2	2,000	4,000		
4	Bornes-fontaines	6	150	900	6,900	
5	Fosses à piquer le feu.	2	1,000	2,000		
6	Machine fixe avec ses accessoires, comme ci-dessus.	»	»	»	10,000	
7	Tuyaux pour l'alimentation libre, de 0^m,135 de diamètre	400^m	15	6,000	19,200	
8	Tuyaux de refoulement, de 0^m,108 de diamètre	1,200	11	13,200		
9	Estacade petit outillage et divers. . .	»	»	»	7,400	
	TOTAL.	. . . . . .	. . . .	. . . .	66,000	66,000

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

DÉSIGNATION DES OBJETS	POITIERS à LA ROCHELLE.	TOURS au MANS.	NANTES à SAINT-NAZAIRE.	ENSEMBLE des TROIS CHEMINS.	MOYENNES pour LES AUTRES CHEMINS Statistique 1856.
LONGUEUR TOTALE DU CHEMIN .	158,276m	95,852m	61,800m	313,028m	
§ 1. *Acquisitions de terrains.*					
Largeur moyenne des emprises. .	32m,00	33m,41	35m,60	33m,00	35m,70
Prix moyen de l'hectare, tous frais accessoires compris. . .	5,306f	6,532f	19,679f	8,729f	
Prix moyen de l'hectare, non compris la sortie de Nantes et la gare de Saint-Nazaire. . .	5,306f	6,532f	5,944f	5,806f	9,012f
Nombre de propriétaires. . . .	2,695	1,286	1,416	5,397	
Nombre de parcelles..	4,662	2,406	2,966	10,034	
Nombre de propriétaires par kilomètre.	18	14	24	17	
Nombre de parcelles par kilomètre.	29	26	48	32	
§ 2. *Terrassements.*					
Cube total des terrassements . .	4,850,000m	3,304,000m	1,883,897m	10,237,897m	
Cube moyen par mètre courant. .	30m,64	37m,34	30m,48	32m,61	
Prix moyen d'un mètre cube de terrassements..	1f,93	1f,37	2f,28	1f,81	
§ 3. *Ouvrages d'art principaux.*					
PONT DE PLESSIS-LÈS-TOURS, sur la Loire, le mètre linéaire. . . .	•	3,050f	•	3,050f	4,842f
PONT DE SAINT-BENOIT, sur le Clain, le mètre linéaire.	2,000f	•	•	2,000	
VIADUC DE LUSIGNAN, de 31m,50 d'élévation :					
Par mètre linéaire	2,543f	•	•	2,543f	
Par mètre superficiel en élévation.	96	•	•	96	
VIADUC DE LA CRÈCHE, de 22 mètres d'élévation :					
Par mètre linéaire.	2,145f	•	•	2,145f	2,520f
Par mètre superficiel en élévation.	100	•	•	100	152
§ 4. *Voies de fer.*					
Prix d'un mètre linéaire de voie.	45f,54	45f,05	52f,21	46f,67	
Longueur des voies posées par rapport à la longueur totale du chemin.	1m,232	1m,162	1m,285	1m,231	
Dépense par mètre linéaire de chemin.	56f,75	52f,33	67f,06	57f,45	

Fig. 52. — Chemin de Tours au Mans, gare de bifurcation.

A Bâtiment des voyageurs. C Quai à voyageurs. C' Quai à marchandises. D Réservoir à eau. E Halle à marchandises. F Remise de voitures. G Remise de locomotives. H Quai à coke.

La figure 52 nous représente une gare de bifurcation du même réseau. Dans ce cas, naturellement, la nécessité d'un trottoir intermédiaire aux voies s'est fait sentir.

La remise des wagons est en relation avec les voies principales par des plaques et par un changement de voies. Les locomotives sont abritées sous une remise en fer à cheval.

Types du Midi. — Nous avons, dans le deuxième volume, page 335, donné la description des types des stations intermédiaires de la compagnie des chemins de fer du Midi. De nouveaux renseignements officiels, qui nous ont été très-obligeamment fournis par les ingénieurs de cette Compagnie, nous mettent à même de compléter la description de ces stations, étudiées spécialement pour l'exploitation d'un chemin à simple voie. Nous n'hésitons donc pas, malgré leur étendue, à reproduire *in extenso* ces renseignements, aussi bien que les plans qui s'y rapportent, et qui ont déjà été donnés page 336. Ces croquis nous paraissent indispensables aux lecteurs pour expliquer la pensée qui a dirigé les ingénieurs dans l'étude de ces projets définitifs.

Nous avons, tome II, page 329, indiqué l'emploi fait par la compagnie de l'Est de trottoirs intermédiaires aux voies dans toutes les stations du chemin de Frouard à Forbach, et fait connaître

les raisons pour lesquelles cette disposition, après plusieurs années d'usage, avait été abandonnée.

Sur le chemin du Midi, au contraire, ainsi que les plans l'indiquent, on l'a adoptée dans les parties du chemin à une seule voie d'abord, puis étendue même aux parties à deux voies.

La Compagnie a fait connaître les motifs de sa préférence dans une lettre à M. le ministre des travaux publics dont nous extrayons le passage suivant :

« La disposition nouvelle que nous proposons à Votre Excellence, tout en dispensant d'établir des marquises, remplit toutes les conditions imposées à un bon service. Elle consiste simplement à écarter les deux voies vis-à-vis de la station et à y intercaler un trottoir.

« Il résultera de là que, dans le cas où il n'y aura pas croisement de trains dans la station et sur quelque voie que se trouve le train arrivant ou partant, on pourra retenir les voyageurs dans les salles d'attente, à l'abri du froid, de la pluie et du soleil, d'une manière plus commode pour eux que sous les marquises jusqu'au moment de les faire monter en voiture.

« Dans le cas de croisement de trains, on s'arrangera de façon à ne faire entrer en gare le second train que lorsque le service du premier sera achevé.

« Dans ce cas, le train qui s'arrêtera sur la voie la plus éloignée du bâtiment de la station sera, au moyen de deux trottoirs, desservis, comme le sont ceux qui s'arrêtent sur la première voie, avec cet avantage que les voyageurs n'auront qu'une voie à traverser au lieu de deux. De là des chances moins nombreuses d'accident, et, dans tous les cas, une surveillance de la gare plus facile et une économie de temps dans le chargement et la délivrance des bagages. »

Circulation sur la voie unique. — Dans l'intérieur des stations, chaque train suit la voie prescrite par le chef du mouvement.

La voie qui convient à chaque train est indiquée par une consigne du chef du mouvement.

Cette consigne est, sauf exceptions, rédigée d'après les principes suivants :

1° Si le croisement a lieu entre un train omnibus (voyageurs ou marchandises) et un train direct (voyageurs ou marchandises), le train omnibus est reçu sur l'évitement; le train direct est retenu au disque, jusqu'à ce que la voie directe soit libre;

2° Si le croisement a lieu entre deux trains qui sont directs d'après leur itinéraire, celui qui a dépassé son croisement régulier est considéré comme omnibus, et l'on rentre dans le cas ci-dessus;

3° Si le croisement a lieu entre deux trains de même nature, s'arrêtant dans la station d'après l'itinéraire, ils sont reçus sur la voie qui se présente à gauche du mécanicien;

4° Si le croisement a lieu entre deux trains omnibus, l'un de voyageurs et l'autre de marchandises, le train de voyageurs est toujours reçu sur la voie directe et le train de marchandises sur la voie d'évitement.

Observations générales sur les différents types du Midi. — Ces types représentent les stations avec leur développement maximum, comme voies et bâtiments, et minimum comme emplacement.

Ils ne donnent pas les dimensions exactes des bâtiments dont les proportions varient suivant l'importance de la station. Toutefois, il conviendra de ne pas modifier la cote qui fixe la position de l'extrémité du trottoir opposé à la gare des marchandises par rapport à l'aiguille n° 6 (*Type* n° 2, fig. 54), et à la plaque tournante n° 4 (*Type* n° 1, fig. 53).

La longueur de la station, pour ces deux types, comprise entre les aiguilles n°s 1 et 3 est un minimum. S'il était utile d'allonger la station, on le ferait suivant la ligne AB.

L'emplacement et les dimensions du palier étant fixés, il conviendra, dans le cas où on serait absolument forcé de donner une pente à la station, de ne pas dépasser 1 millimètre par mètre, et de ne pas user de cette latitude sur un espace de 100 mètres dont les plaques de marchandises occuperont le milieu.

Si le service exigeait une deuxième voie de garage, son axe serait placé à 4^m,510 de la voie 3 (*Type* n° 1, fig. 53), et l'aiguille n° 2 serait remplacée par une aiguille triple. Il est facile de détacher cette voie

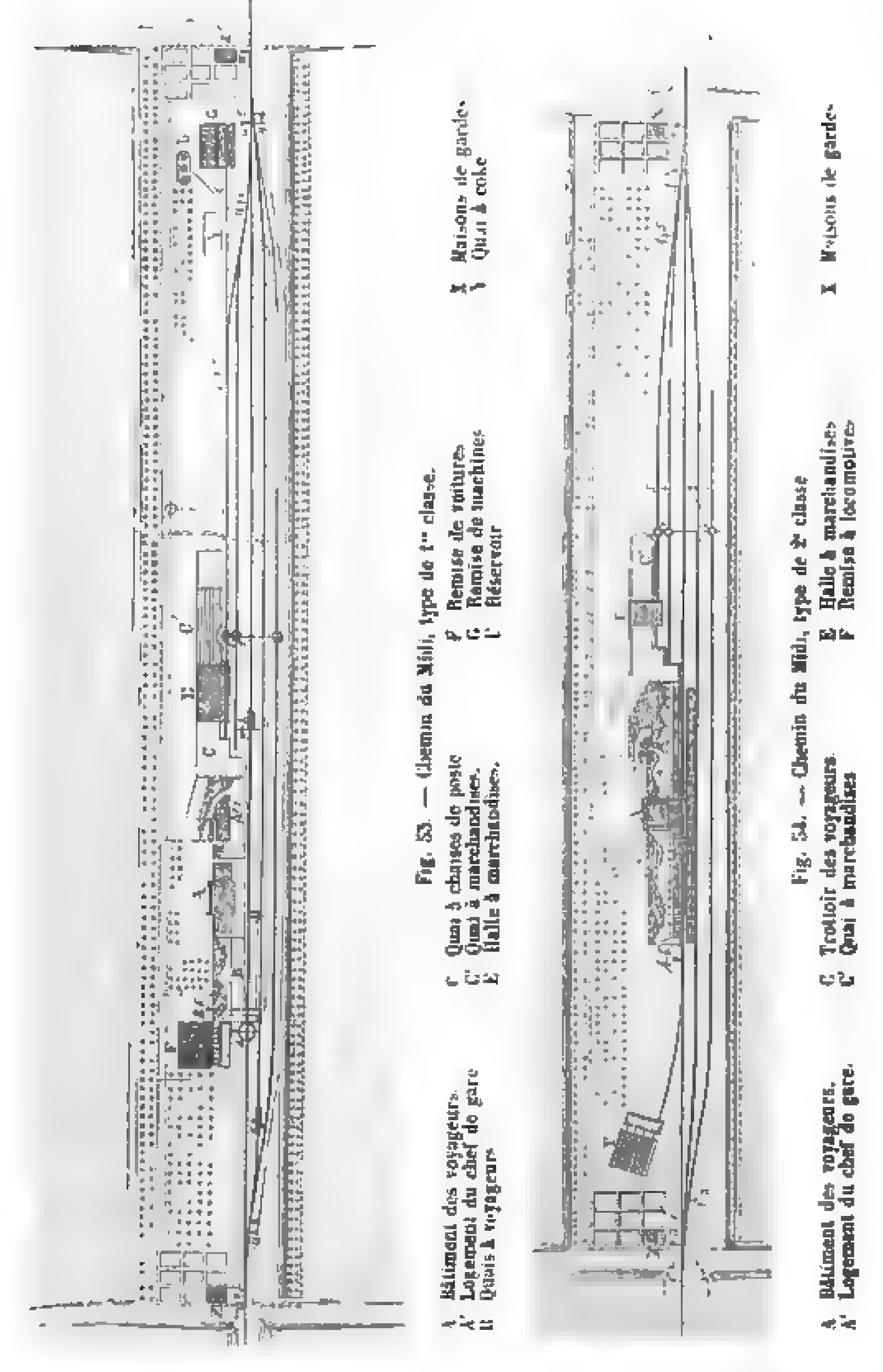


Fig. 53. — Chemin du Midi, type de 1re classe.

A Bâtiment des voyageurs.
A' Logement du chef de gare.
B Quais à voyageurs.
C Quai à chaises de poste.
C' Quai à marchandises.
E Halle à marchandises.
F Remise de voitures.
G Remise de machines.
I Réservoir.
K Maisons de garde.
L Quai à coke.

Fig. 54. — Chemin du Midi, type de 2e classe.

A Bâtiment des voyageurs.
A' Logement du chef de gare.
C Trottoir des voyageurs.
C' Quai à marchandises.
E Halle à marchandises.
F Remise à locomotive.
K Maisons de garde.

qui n'a pas été représentée pour ne pas nuire à la clarté du dessin.

Les longueurs des changements de voie sont des minima pour une exécution en ligne droite.

Les parties balastées seront drainées. On disposera les drains de manière à conduire les eaux dans l'acqueduc figuré aux types.

Les surfaces empierrées recevront une pente suffisante pour l'écoulement des eaux. On suivra à cet effet des profils en travers analogues à ceux des types.

Quelle que soit la voie que l'on aura jugé à propos de construire avant et après la station, on établira toujours comme voie principale et directe devant la station la voie placée du côté du bâtiment, et on la raccordera ensuite s'il y a lieu avec celle qui aura été exécutée dans le tracé courant.

Les espaces non occupés par les bâtiments, les cours d'eau et les voies pourront, si l'ensemble du projet des terrassements le comporte, être laissés en terrain naturel.

La plate-forme indispensable est limitée par une ligne ponctuée.

Application des types. — Les stations ayant un service de marchandises se rapportent comme voies, emplacements et dispositions aux types n°s 1 et 2 (fig. 53 et 54).

Type n° 1 (fig. 53). Ce type s'appliquera chaque fois que l'importance du service des marchandises l'exigera. Nous citerons, pour exemple de cette importance, Langon, Moissac et Mont-de-Marsan.

Le type ne subira aucune modification s'il y a une réserve; dans le cas contraire, on supprimera le dépôt et la plaque tournante n° 4 : la remise des voitures, dans ce dernier cas, sera desservie par une aiguille comme au type n° 2 (fig. 54).

Si, par suite de l'existence d'un embranchement, on se trouvait dans la nécessité d'établir une voie supplémentaire, on la détacherait de la voie 5, et elle serait posée dans l'espace qui lui est réservé du côté opposé aux bâtiments des voyageurs. Cette voie n'a pas été tracée sur le type.

On pourra établir aussi, en raison de l'importance du trafic des matières encombrantes, une voie parallèle à la clôture traversant la cour des voyageurs et réunie au service des marchandises par une plaque tournante (cette voie est pointillée sur le type).

Type n° 2 (fig. 54). Ce type s'appliquera dans trois cas :

1° Lorsque la station sera desservie par des trains mixtes et qu'elle aura une certaine importance, on appliquera le type sans modification.

2° Lorsque la station sera desservie par les trains mixtes et qu'elle aura peu d'importance, dans ce cas on supprimera la voie 4, l'aiguille n° 5 et la plaque n° 2. On réduira la longueur de la voie 3 qui s'arrêtera à 24 mètres du centre de la plaque.

3° Lorsque la station ne sera pas desservie par les trains mixtes, on supprimera les voies 3 et 4, les plaques n°s 1, 2 et 3, et les aiguilles n°s 2 et 5.

En général, au premier établissement, on considérera la station comme se rapportant de préférence au deuxième et au troisième cas; le premier cas ne sera admis que pour des stations dont l'importance sera bien reconnue, et où les dimensions du terrain ne permettraient pas d'appliquer le type n° 1 (fig. 53).

On portera de 2^{m},50 à 18 mètres, chaque fois que cela sera possible, la distance qui sépare les aiguilles extérieures des passages à niveau.

Bâtiments de voyageurs. — Ces bâtiments comportent trois classes, savoir :

Bâtiments à sept travées, dits de 1re classe, avec salle pour chaque classe, et locaux pour messageries, télégraphe, postes, voie, et commissaire de surveillance.

Bâtiments à trois travées, dits de 2e classe, avec salle d'attente commune aux 1res et aux 2mes classes, et vestibule pour la 3e classe.

Bâtiments à deux travées, dits de 3e classe, avec salle commune pour les stations ordinaires.

La classe à appliquer sera déterminée par la nature du service et l'importance de la localité desservie.

Lieux d'aisances. — Les lieux d'aisances sont distribués en trois classes, savoir :

Ceux des 1res classes comprenant des siéges et urinoirs pour le service des trains et pour la cour, une lampisterie, une chaufferetterie, un dépôt de pompes à incendie, et un poste pour hommes d'équipe.

Ce type ne sera appliqué qu'aux têtes de ligne.

Les lieux de 2e classe comprenant des siéges et urinoirs pour le service des trains et de la cour, une lampisterie, un dépôt de pompes à incendie et un poste pour hommes d'équipe.

Ce type sera appliqué avec les bâtiments de voyageurs de 1re et 2e classe dans les gares de passage où les trains de voyageurs devront s'arrêter au moins cinq minutes.

Dans le cas où ce type sera appliqué avec un bâtiment de voyageurs de 2e classe, la lampisterie sera supprimée et remplacée par le cellier du chef de gare.

Les lieux de 3e classe comprenant un cellier pour le chef de station et des siéges pour le service de la gare et de la cour.

Ils seront appliqués aux stations avec bâtiments de 2e et 3e classes, lorsque les trains ne s'arrêteront que pour laisser ou prendre des voyageurs.

Le côté des dames sera toujours le côté opposé aux bâtiments des voyageurs : le bureau et le logement du chef de gare seront toujours placés du côté des marchandises.

Bâtiments de marchandises. — Ces bâtiments ne comportent qu'un seul type, avec quai de 12 mètres pour toutes les stations ordinaires.

Ils ne diffèrent que par leur développement en longueur qui sera déterminé par chaque cas particulier.

Les autres bâtiments tels que dépôts, remises, quais à coke, etc., seront appliqués suivant les dispositions générales.

Derniers Types de l'Est. — Les figures 55, 56 et 57 représentent trois gares appartenant au troisième réseau, construites par la Compagnie du chemin de fer de l'Est dans les conditions les plus économiques. Ces gares, par ordre d'importance, peuvent se classer de la manière suivante : Saint-Dié, Niederbronn et Sillery.

Sillery. — La dernière n'est qu'une halte avec annexion d'un petit service de marchandises, c'est, comme dans les haltes, la maison du garde qui sert à abriter les voyageurs.

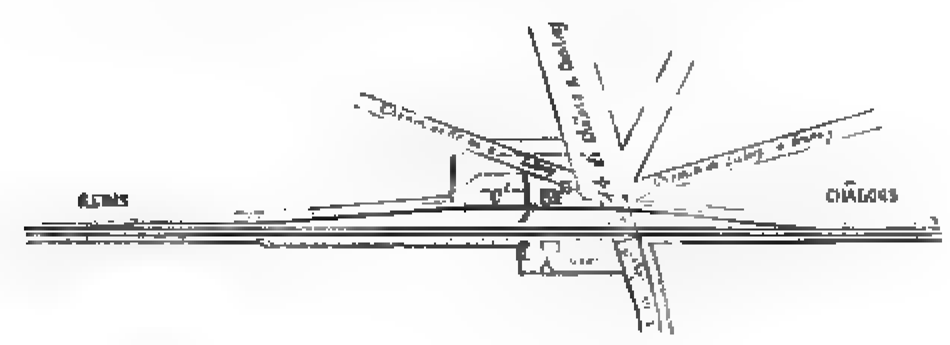


Fig. 55. — Chemin de l'Est, station de Sillery

A Maison du garde et bâtiment des voyageurs.
B Bascule.
C Quai à voyageurs.
C' Quai à marchandises.
E Halle à marchandises.
L Latrines.

Dans les haltes proprement dites, le convoi ne prend pas de marchandises et il n'existe aucune voie de service.

Niederbronn. — Dans la gare de Niederbronn, la manœuvre des trains mixtes se fait de la manière suivante

Le train arrivant de Haguenau s'arrête en AB, la machine se dé-

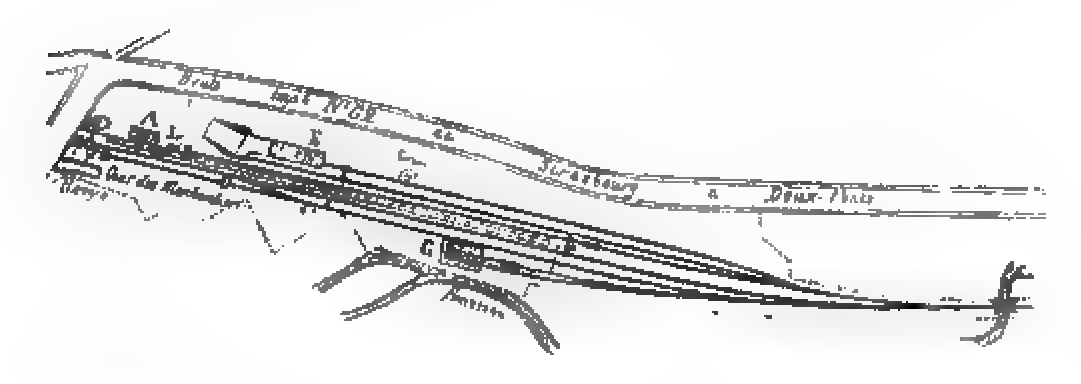


Fig. 56. — Chemin de l'Est, station de Niederbronn.

A Bâtiment des voyageurs.
C Trottoir des voyageurs.
C' Quai à marchandises.
E Halle à marchandises.
G Remise de machines.

gage par la communication CD, elle vient en queue du train prendre les wagons de voyageurs qu'elle refoule en CF, puis elle fait la ma-

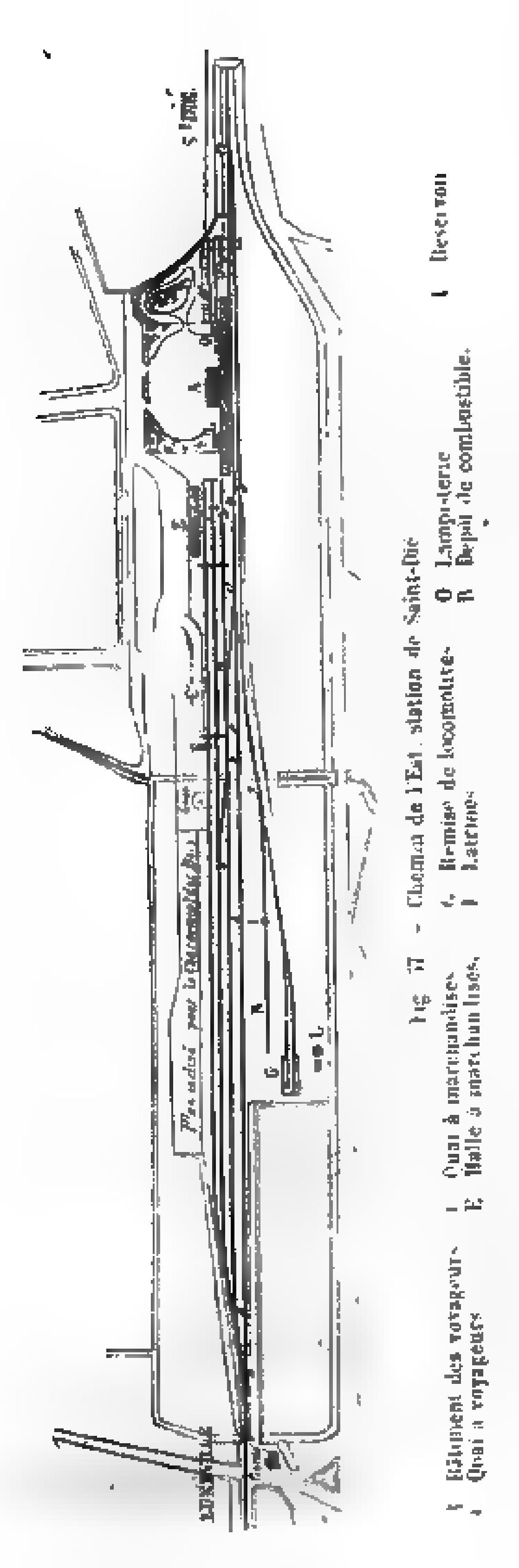


Fig. 57. — Chemin de l'Est, station de Saint-Dié.

A Bâtiment des voyageurs. D Quai à marchandises. G Remise de locomotive. O Lampisterie. L Réservoir.
B Quai à voyageurs. E Halle à marchandises. I Latrines. R Dépôt de combustible.

nœuvre des wagons de marchandises pour compléter le train partant.

Saint-Dié — Dans la gare de Saint-Dié, comme dans toutes les nouvelles gares du réseau de l'Est, on s'applique à rendre possibles ou à peu près toutes les manœuvres par locomotives.

Gares du chemin du Nord de l'Espagne. — Les figures 58, 59, 60, 61 et 62 représentent les types de cinq classes de stations des chemins du Nord de l'Espagne.

Ces types ont été établis d'après les mêmes principes que ceux du nord de la France. Ils ont une grande analogie avec ceux du nouveau réseau d'Orléans, et paraissent n'en différer essentiellement que par le nombre de voies qui est plus grand dans les types du Nord de l'Espagne; si les voies sont plus nombreuses sur le chemin du Nord de l'Espagne, cela tient à ce que l'on compte sur un mouvement plus actif.

Les voies entre les trottoirs sur ce chemin ne sont pas dans les stations de première classe au nombre de trois comme au chemin d'Orléans,

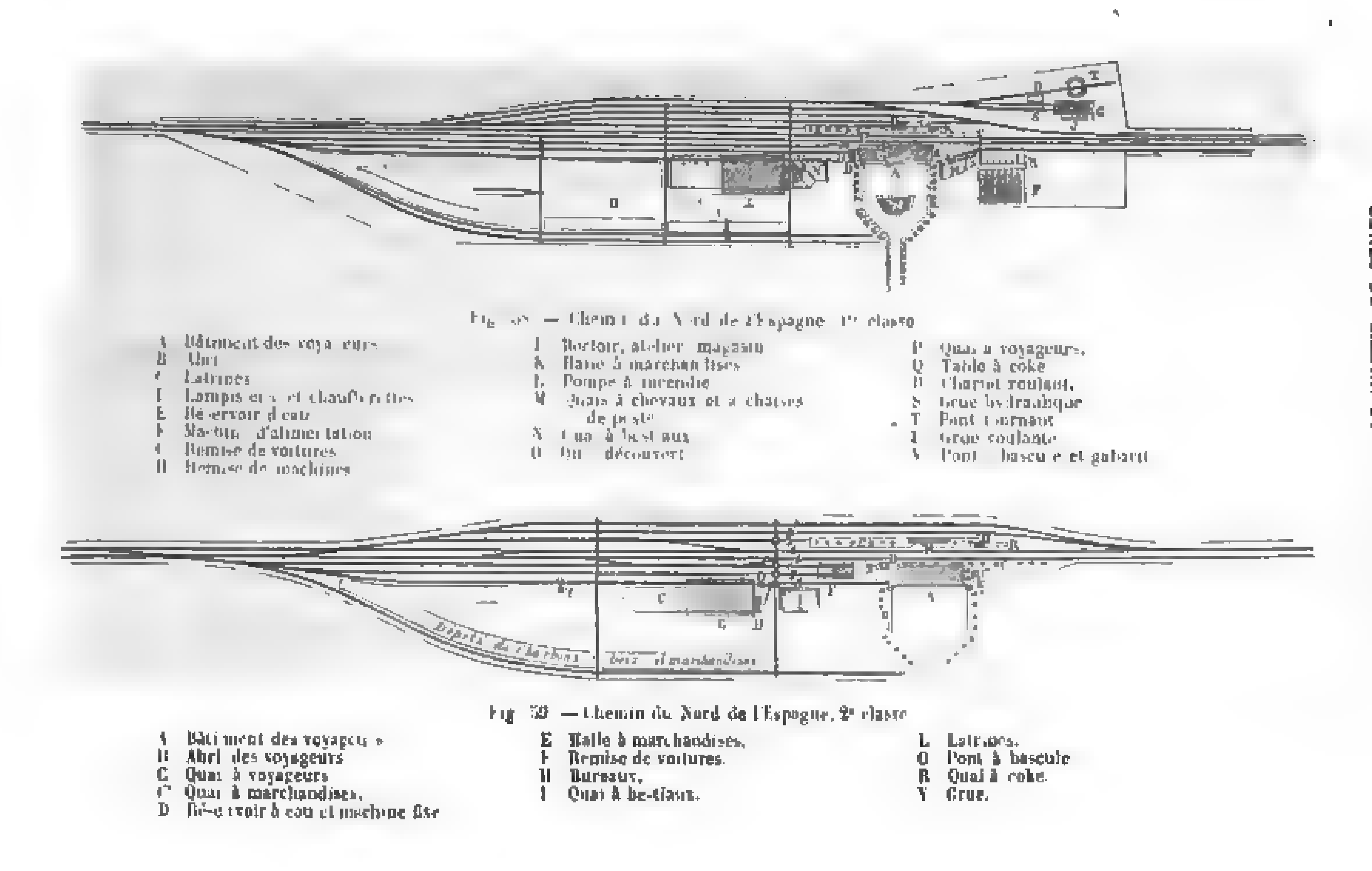


Fig. 38. — Chemin du Nord de l'Espagne, 1re classe.

A Bâtiment des voyageurs.
B Abri.
C Latrines.
D Lampisterie et chaufferettes.
E Réservoir d'eau.
F Machine d'alimentation.
G Remise de voitures.
H Remise de machines.
I Dortoir, atelier, magasin.
K Halle à marchandises.
L Pompe à incendie.
M Quais à chevaux et à chaises de poste.
N Quai à bestiaux.
O Quai découvert.
P Quai à voyageurs.
Q Table à coke.
R Chariot roulant.
S Grue hydraulique.
T Pont tournant.
U Grue roulante.
V Pont à bascule et gabarit.

Fig. 39. — Chemin du Nord de l'Espagne, 2e classe.

A Bâtiment des voyageurs.
B Abri des voyageurs.
C Quai à voyageurs.
C' Quai à marchandises.
D Réservoir à eau et machine fixe.
E Halle à marchandises.
F Remise de voitures.
H Bureaux.
I Quai à bestiaux.
L Latrines.
O Pont à bascule.
R Quai à coke.
Y Grue.

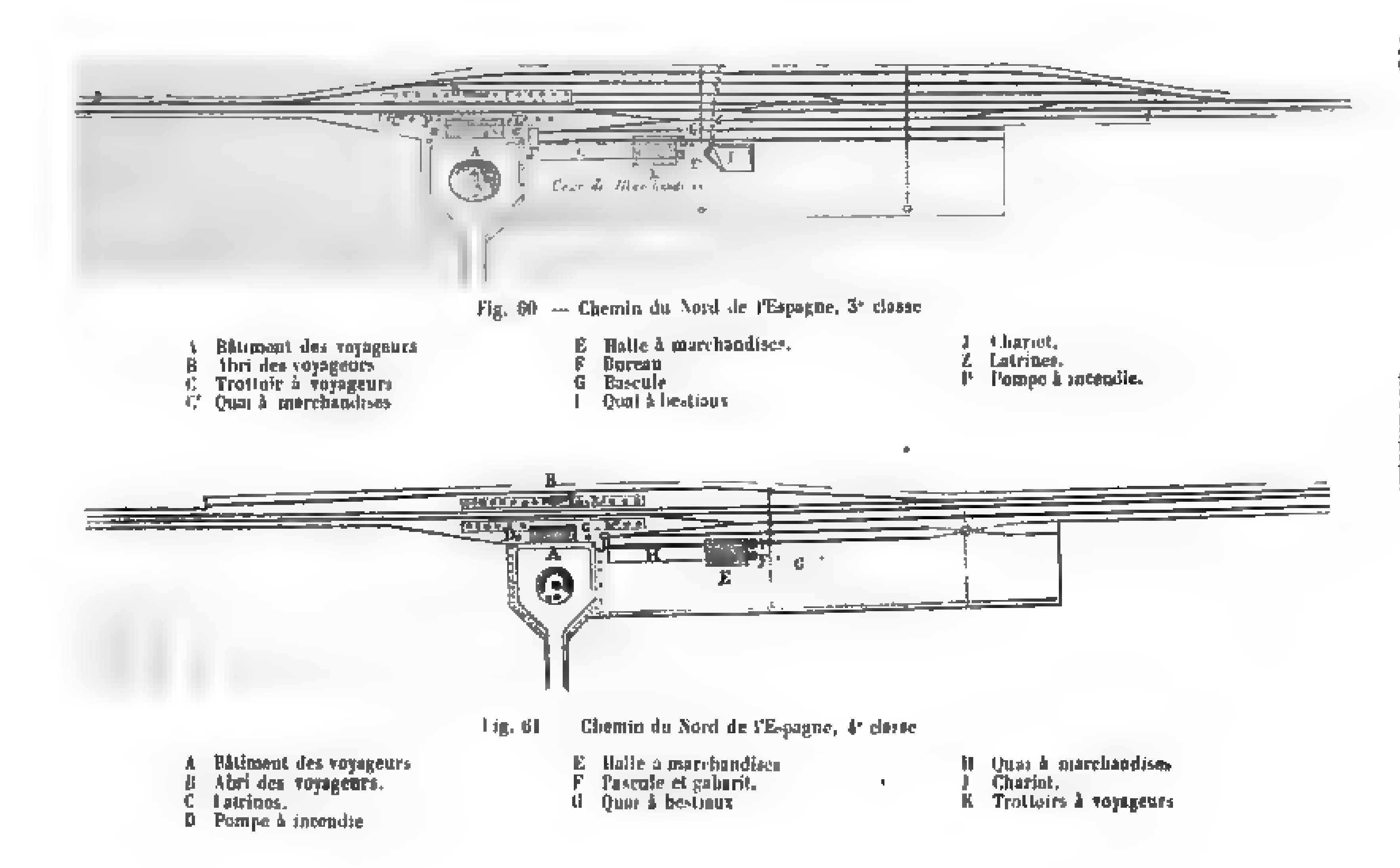


Fig. 60 — Chemin du Nord de l'Espagne, 3e classe

A Bâtiment des voyageurs
B Abri des voyageurs
C Trottoir à voyageurs
C' Quai à marchandises
E Halle à marchandises.
F Bureau
G Bascule
I Quai à bestiaux
J Chariot.
Z Latrines.
P Pompe à incendie.

Fig. 61 — Chemin du Nord de l'Espagne, 4e classe

A Bâtiment des voyageurs
B Abri des voyageurs.
C Latrines.
D Pompe à incendie
E Halle à marchandises
F Bascule et gabarit.
G Quai à bestiaux
H Quai à marchandises
J Chariot.
K Trottoirs à voyageurs

Enfin, on remarque que sur le Nord de l'Espagne on donne la préférence à la remise de locomotives rectangulaires, tandis que

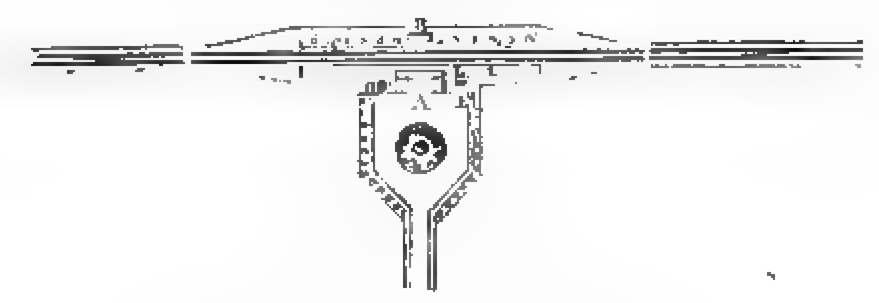


Fig. 62. — Chemin du Nord de l'Espagne, 5e classe.

A Bâtiment des voyageurs.
B Abri des voyageurs.
C Quai à voyageurs.
D Pompe à incendie
I Latrines

sur le nouveau réseau d'Orléans, on a adopté la remise en fer à cheval.

Gare de Gray. — La gare de Gray (fig. 63) est une gare de bifurcation dans laquelle s'opère un mouvement important de marchandises, ces marchandises étant en partie transbordées du chemin dans la Saône ou de la Saône sur le chemin.

Cette gare étant commune aux chemins de Lyon-Méditerranée et de l'Est, on y trouve des aménagements pour les deux lignes, tels par exemple que deux remises de locomotives, dont l'une appartient à la ligne de Lyon et l'autre à la ligne de l'Est.

Gare de Tergnier. — Nous donnons la gare de Tergnier (fig. 64), comme celle de Périgueux, plus spécialement à cause de ses remises et ateliers.

Les remises présentent une disposition nouvelle. Ce sont des espèces de fer à cheval formés de deux quarts de cercle réunis par une partie droite. Chacun de ces quarts de cercle est desservi par une plaque tournante spéciale.

Le service des marchandises dans cette gare est d'une faible importance.

Les voies pour les voyageurs à l'aide de quais intermédiaires desservent en même temps la ligne principale et un embranchement.

Gare de Périgueux. — La gare de Périgueux (fig. 65) est surtout digne d'intérêt par ses grands ateliers, dont la légende indique la distribution.

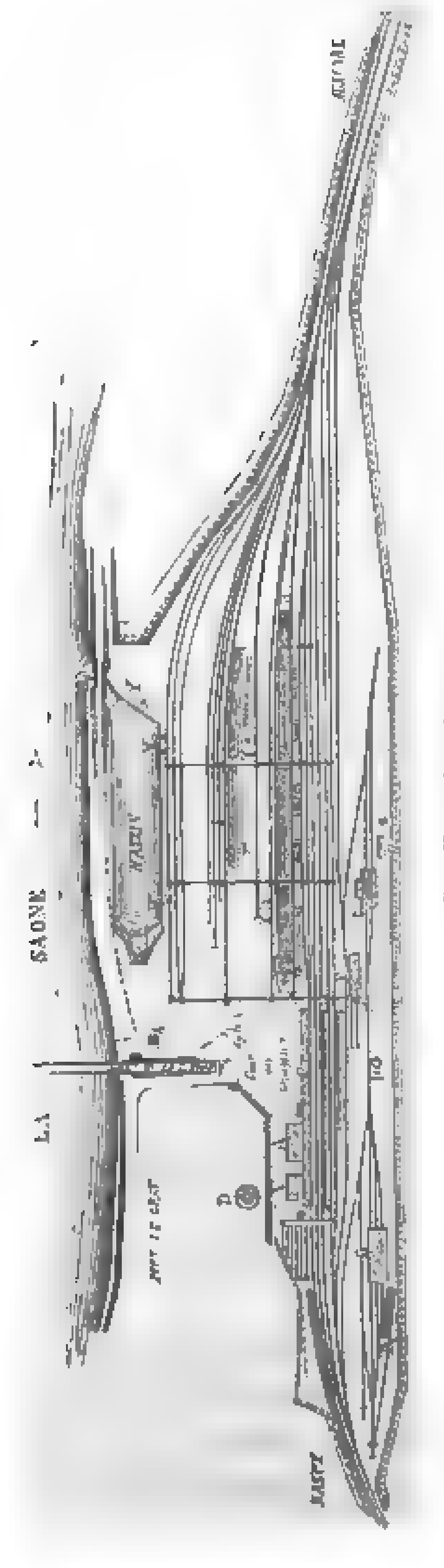


Fig. 65. — Gare de Gray.

A Bâtiment des voyageurs.
a Trottoir des voyageurs.
D Réservoir.
E Remise de voitures.
G Remise de locomotives.
B Quai à coke.
X Buffet.
Y Grues.
a Magasins.
d Corps de garde.
h Concierge.
k Machine fixe.

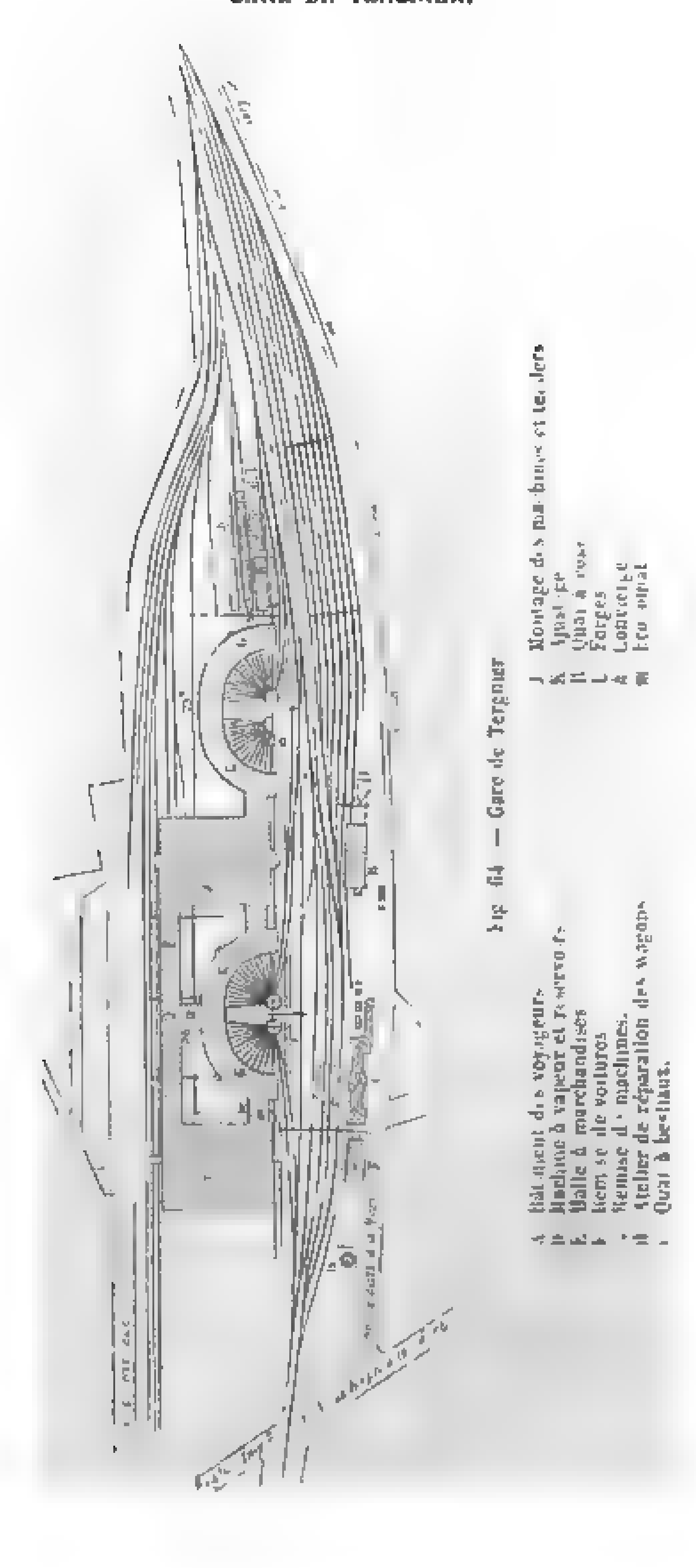


Fig. 64. — Gare de Tergnier.

A Bâtiment des voyageurs.
B Machine à vapeur et réservoirs.
C Halle à marchandises.
D Remise de voitures.
E Remise de machines.
H Atelier de réparation des wagons.
I Quai à bestiaux.
J Montage des machines et tenders.
K Ajustage.
[illegible]
L Forges.
[illegible]
M [illegible]

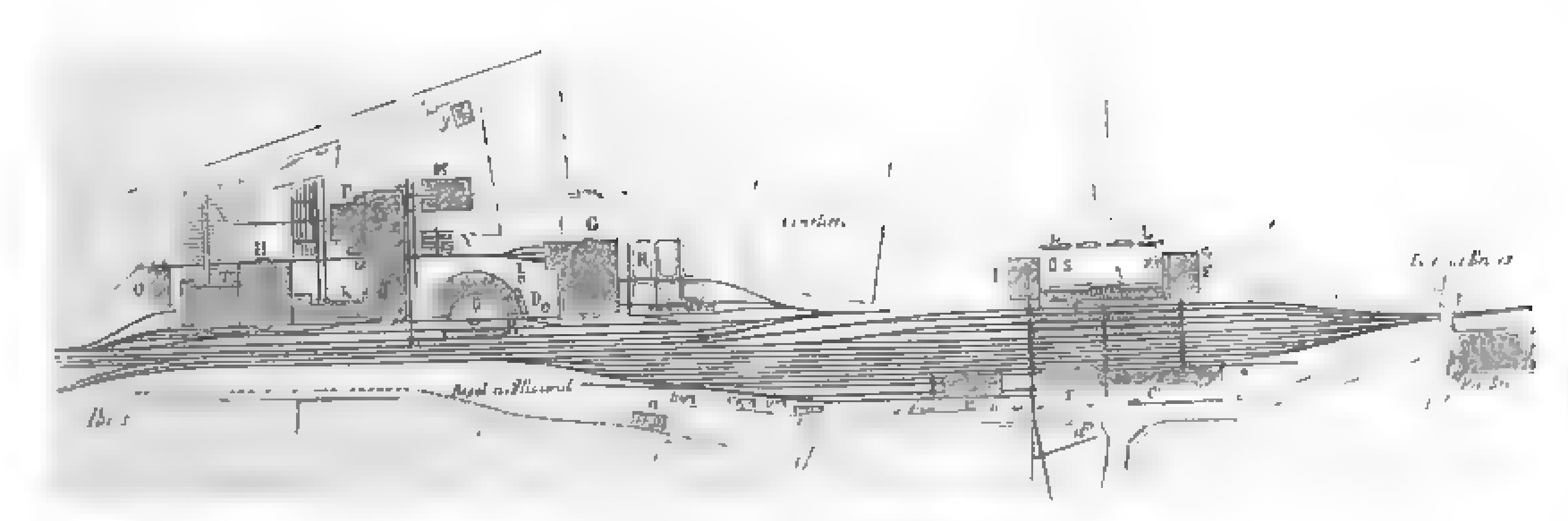


Fig. 65. — Gare et ateliers de Périgueux

A Bâtiment des voyageurs
B Quai à voyageurs.
C Quai à marchandises.
D Réservoir à eau
E Halle à marchandises.
F Remise de voitures.
G Remise de machines
H Charonnage.
J Montage.
K Ajustage.

L Latrines.
M Magasin.
N Chaudronnerie.
O Magasin à bois
P Quai à coke.
R Parc à combustible
S Poste
T Peinture
U Forges
X Remisage de voitures

Y Parc à roues.
Z Octroi
a Magasin
b Id
c Bureau
e Hangar
g Logement du chef de dépôt.
h Concierge
i Logement
c Buffet

Ces ateliers, dont la surface totale, y compris celle des cours, est de 100,000 mètres environ, sur lesquels 18,000 sont consacrés aux bâtiments, le reste aux voies, parc à roues et cours.

Dans la même gare se trouvent un bâtiment pour les voyageurs et des quais placés entre les voies destinées à un service d'embranchement ; en E et C' des bâtiments et des quais de marchandises d'une médiocre étendue.

La disposition des voies est semblable à celle des voies du Nord à Creil. Toutes les voies parallèles viennent se souder à l'aide d'aiguilles à des voies obliques se rattachant aux voies principales.

Ateliers de réparation de la Compagnie des chemins du sud de l'Autriche. — La partie des lignes de la Compagnie des chemins autrichiens-lombards, qui se trouve sur le *territoire de l'Autriche*, présente un développement de 2,518 kilom., dont 1,869 sont actuellement en exploitation.

Le matériel roulant affecté à l'exploitation se compose maintenant de :

451 locomotives,
896 voitures à voyageurs,
6,695 wagons divers à marchandises.

Mais cet actif sera augmenté au fur et à mesure de l'ouverture des lignes encore en construction, et atteindra bientôt 550 machines et plus de 10,000 voitures et wagons.

La Compagnie possède trois grands ateliers de réparation qui sont Vienne, Marburg et Vérone.

L'atelier de Vienne est chargé de la réparation du matériel affecté aux lignes partant de Vienne jusqu'à Mürzzuschlag. C'est cet atelier qui s'occupe des machines du Sömmering et de tout le matériel du service de banlieue.

L'atelier de Vérone est chargé de la partie du matériel qui est affecté aux lignes de la Vénétie et du Tyrol dont le développement est de 792 kilom.

Enfin, celui de Marburg, le plus considérable du réseau, doit assurer les besoins du reste de la ligne principale, depuis le Som-

mering jusqu'à Trieste; de la ligne d'Orient (de Pragerhof à Ofen); de la ligne de Croatie (de Steinbrück à Sissek); enfin, de celle de Carinthie (de Marburg à Villach), formant ensemble un développement de 1,210 kilomètres.

Ces ateliers, situés au centre de la ligne et au point de jonction de trois lignes principales, sont établis sur une vaste échelle et sont munis de tous les aménagements les mieux appropriés à leur destination.

Le montage peut recevoir soixante-douze machines et est desservi par six grues roulantes.

L'atelier des forges contient quarante-huit feux de forge, des fours à réchauffer, à bandages, à ressorts, quatre marteaux pilons et tous les appareils nécessaires au montage des roues.

L'atelier de menuiserie peut contenir deux cents voitures ou wagons.

Les ateliers sont desservis par une machine à vapeur horizontale de la force de cinquante chevaux, avec trois chaudières.

En concentrant toutes les réparations dans les trois ateliers dont nous venons de parler, la Compagnie a compris que ce système était le plus économique, et il lui a été possible de supprimer les autres ateliers, en grand nombre, qui existaient sur les divers points du réseau cédé par l'État.

Nous joignons à cette note le plan d'ensemble des ateliers de Marburg, avec le calcul des surfaces et du développement des voies.

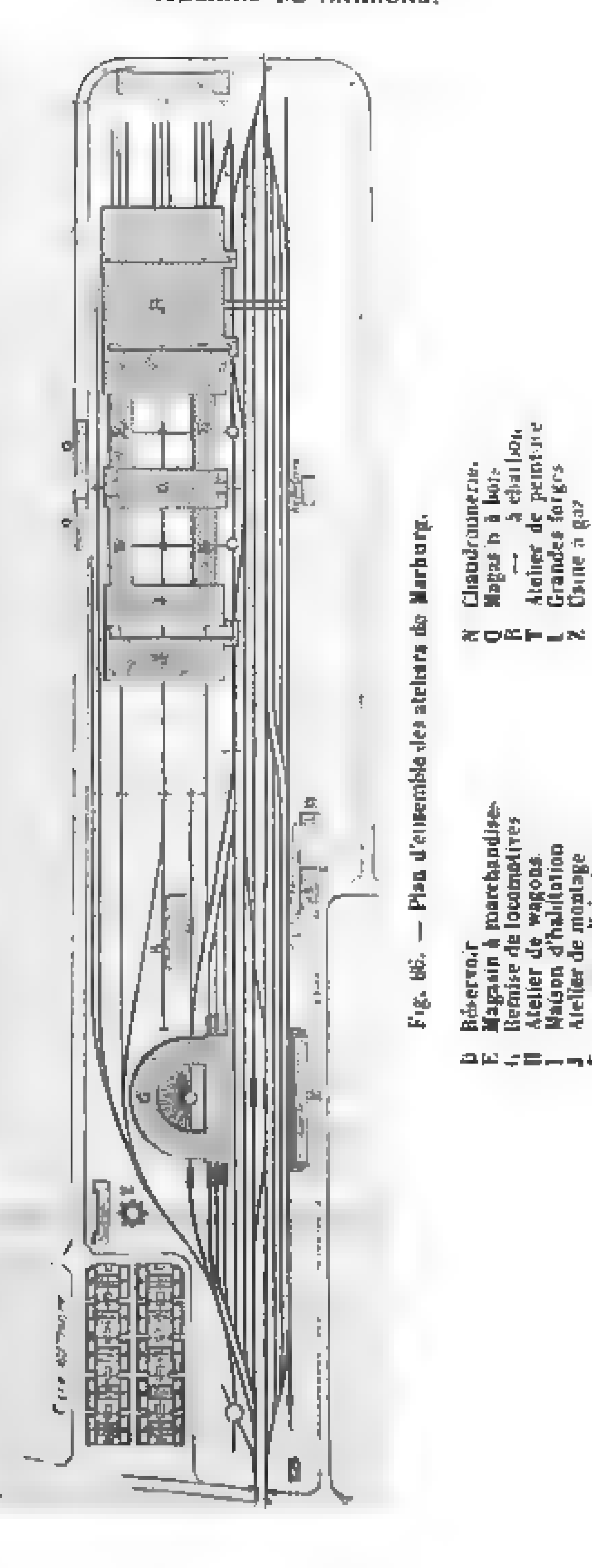


Fig. 66. — Plan d'ensemble des ateliers de Marburg.

D	Réservoir	N	Chaudronnerie.
E	Magasin à marchandises	Q	Magasin à bois
G	Remise de locomotives	R	— à charbon.
H	Atelier de wagons.	T	Atelier de peinture
I	Maison d'habitation	U	Grandes forges
J	Atelier de montage	Z	Usine à gaz
K	— d'ajustage		

ATELIERS DE RÉPARATION DE MARBURG

DÉSIGNATION	SURFACE.	LONGUEUR DES VOIES.	OBSERVATIONS
	mèt. carrés.	mètres.	
Forge	1,925	58	La forge contient quarante feux de forge, un four à bandages, un four à ressorts, un four à réchauffer, quatre marteaux-pilons, et les appareils nécessaires pour agrandir et poser les bandages.
Atelier d'ajustage nº 1	1,243	58	Est destiné aux réparations de locomotives
Montage de machines	7,220	000	Peut contenir douze machines Il est desservi par six grues roulantes
Chaudronnerie de fer	900	158	Possède une grue roulante, machines-outils, deux feux de forge, appareils pour tubes.
Chaudronnerie de cuivre	208	»	
Atelier d'ajustage nº 2	1,245	90	Est destiné aux réparations, voitures et wagons.
Atelier des machines à bois	507	»	
Atelier des wagons	13,870	2,500	Peut contenir 200 wagons
Atelier de vernissage	900	135	
Machine à vapeur, chaudière	202	40	Machine à vapeur de 50 chevaux, trois chaudières
Magasin-atelier des meules	154	»	
Bureaux, portier, etc.	214	»	
Magasins à bois	500	»	Le bâtiment est à deux étages.
Réfectoire	617	»	
Usine à gaz	283	»	L'usine sert aussi pour le dépôt et la station
Télégraphie et lampisterie	230	»	
Atelier de garnissage	260	12	
TOTAL DE LA SURFACE COUVERTE	30,597	4,051	
Surface des cours	54,350	2,501	
TOTAL GÉNÉRAL	84,947	6,922	

DES WAGONS

Matériel neuf à voyageurs du chemin de fer de l'Est. — La compagnie de l'Est vient de faire construire de nouveaux modèles de voitures qui offrent des avantages sensibles sur les anciens modèles des chemins de l'Est et même sur ceux des autres lignes. La note suivante en fera connaître les caractères distinctifs.

1re *classe, à 3 compartiments, 24 places.* — La longueur développée des ressorts de suspension, qui ne dépasse dans aucun type, au chemin de fer de Lyon, 1m,76, et au chemin du Nord 1m,55, a été, au chemin de l'Est, portée de 1m,400 (type précédent) et de 1m,502 (type Ardennes) à 2 mètres.

Cette longueur, sans précédent dans le matériel ordinaire des chemins de fer, a le double avantage d'atténuer considérablement les cahots de la marche, et de porter l'écartement des points extrêmes de suspension de 5m,300 à 5m,900.

Il en est résulté que la caisse a pu être allongée de 6m,170 à 6m,560, la dimension n'étant que de 5m,650 au chemin de Lyon et de 6m,040, au Nord.

Cette augmentation a été répartie entre les banquettes dont la largeur a été portée de 0m,700 à 0m,750. Ces dimensions sont, au chemin du Nord, de 0m,715 au plus, et, au chemin de Lyon, de 0m,460 à 0m,600.

Telle est, dans le sens de la profondeur, la place occupée par chaque voyageur.

Quant à la largeur de la voiture, elle a été portée, grâce à la forme gondolée donnée à la caisse, de 2m,500 à 2m,650. Le voyageur y occupe donc, en largeur, une place 0m,662 1/2, au lieu de 0m,625 (type précédent), — 0m,606 (Nord), — 0m,605 à 0m,615 (Lyon).

A ces améliorations capitales, ajoutons :

1° Que la hauteur de la voiture, au milieu, est de 1m,900 au

lieu de $1^m,815$ (type précédent), $1^m,751$ (Nord), — $1^m,775$ à $1^m,835$ (Lyon). — Les hommes de la plus haute taille peuvent donc s'y tenir debout.

2° Que la surface totale des baies (glaces abattues) par compartiment, est de $1^{mq},6450$, au lieu de $1^{mq},5505$ (type précédent), de $1^{mq},6034$ (Ardennes), de $1^{mq},5000$ à $1^{mq},5600$ (Lyon), et de $1^{mq},5555$ (Nord).

3° Que l'accotoir du milieu, par une disposition ingénieuse, s'abat et se lève à volonté, et que le voyageur, qui occupe seul une banquette, peut la convertir en lit.

2e *classe, à 4 compartiments*, 40 *places*. — Le même esprit a présidé à l'amélioration des 2es classes.

La caisse, qui était de $6^m,900$, a été allongée à $7^m,200$, tandis que, au Nord, la longueur n'en est que de $6^m,450$, et, à Lyon, de $6^m,100$, $6^m,180$, $6^m,520$ et $6^m,800$.

La longueur de la caisse a été portée à $2^m,655$, soit : $0^m,25$ de plus que dans le type précédent, $0^m,18$ de plus que dans les voitures de Lyon, $0^m,17$ de plus que dans celles du Nord.

Chaque voyageur occupe donc, dans le sens de la largeur, une place de $0^m,530$, au lieu de $0^m,480$ (type précédent), $0^m,502$ (Ardennes), $0^m,498$ (Nord), et $0^m,476$ à $0^m,494$ (Lyon).

En longueur, ou profondeur, la place du voyageur est de $0^m,610$, au lieu de $0^m,572$ 1/2 (type précédent), — $0^m,492$ 1/2 (Ardennes), $0^m,515$ (Nord), $0^m,480$ à $0^m,550$ (Lyon).

Les compartiments sont munis de filets.

La garniture en feutre gris a été remplacée par du drap bleu.

Sa hauteur au-dessus de la banquette a été portée à 1 mètre.

La place du milieu est marquée par deux oreillons rembourrés. Chaque voyageur peut ainsi appuyer sa tête sans tomber sur ses voisins.

3me *classe, à cinq compartiments*, 50 *places*. — La caisse a été, comme pour les autres classes, élargie de manière à offrir aux voyageurs une place de $0^m,530$ au lieu de $0^m,480$ (type précédent), de $0^m,500$ (Ardennes), — de $0^m,456$ à 0^m498 (Lyon), et de $0^m,498$ (Nord).

On a pu, grâce à l'allongement de la caisse, donner à la ban-

quette la largeur de 0m,435, supérieure à celle de la banquette de la 3e classe du Nord et de Lyon, tout en inclinant et en courbant les bancs et dossiers, à la façon de certains bancs de jardin.

La hauteur des dossiers au-dessus du plancher a été portée de 1m à 1m,25.

La place du milieu est marquée, comme dans la 2e classe, par des oreillons en bois.

Les panneaux de custode pleins, sont remplacés par des glaces mobiles. Cette amélioration, dont l'initiative appartient à la compagnie de l'Est, triple la surface éclairante.

Frein automoteur, — Modifications du système Dorré. — M. Dorré, inspecteur du matériel au chemin de fer de l'Est, nous a fourni pour le chapitre des *Nouveaux systèmes*, une description d'un appareil qu'il a proposé d'appliquer aux freins automoteurs. Cet appareil, qui paraissait répondre aux vues de l'inventeur, vient cependant d'être modifié par son auteur d'une manière remarquable. Il est réduit à la plus grande simplicité sans cependant avoir rien perdu de ses avantages; en voici la description que nous croyons utile de reproduire.

Le ressort R (fig. 67) s'appuie sur les deux consoles PP au moyen de deux galets GG à pivots, fixés aux extrémités de la maîtresse feuille.

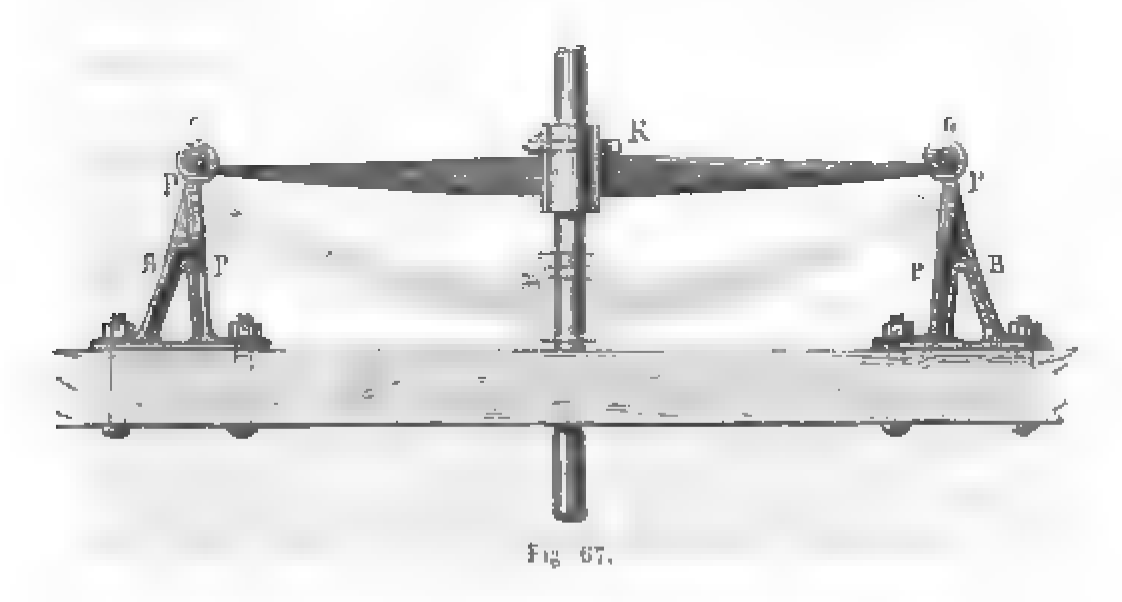


Fig. 67.

La face intérieure des consoles est inclinée par rapport à la tige de traction.

Quand cette tige, actionnée par les tampons, recule, le ressort se courbe, et les deux galets rentrent alors entre les deux joues des consoles, en tournant sur leurs axes.

Dans cette position, la résistance du ressort est négligeable; à cet effet, on a disposé le ressort, les galets et les consoles, de façon que les sabots ne puissent serrer les roues que dans la position ponctuée.

La pression des tampons est ainsi intégralement utilisée.

La face intérieure des consoles est de longueur suffisante pour tous les degrés d'usure des sabots.

L'inclinaison d'un dixième des faces intérieures des guides est nécessaire pour renvoyer le ressort à sa place au moment du démarrage.

Perfectionnement du frein Stilmant. — Nous avons déjà parlé, dans le chapitre des *Nouveaux systèmes*, du frein Stilmant; nous croyons utile de revenir sur ce que nous avons dit de cet appareil, à cause des critiques dont il a été l'objet et des améliorations que l'inventeur y a apportées.

On a reproché au frein Stilmant d'être :

1° Un frein à main et, partant, de présenter tous les inconvénients des freins de ce genre,

2° De n'être pas symétrique dans son action, et de rendre le calage pénible quand on marche dans le sens opposé à l'entraînement des sabots;

3° De rendre, comme tous les freins suspendus, et même plus que les freins suspendus appliqués jusqu'à ce jour, à cause de sa grande énergie, le service pénible par les trépidations considérables qui résultent du calage presque instantané.

A ces observations, l'inventeur, que nous avons consulté, nous a répondu que son frein pourrait être automatique si le besoin s'en faisait sentir, et qu'il a fait déjà toutes les études pour y parvenir; qu'en ce qui concerne l'action du frein plus énergique d'un côté que de l'autre suivant la marche du wagon, et les trépidations causées par le calage, il a apporté des modifications importantes dans la construction de son appareil, que nous reproduisons plus loin, modifications qui ont eu pour effet d'assurer la marche du

wagon dans les deux sens avec le même effort à la manivelle,

De supprimer les grands frottements du frein par deux coins au lieu d'un seul.

De rendre le wagon-frein assez doux, au moyen d'œils ménagés dans la suspension.

De tenir toujours le frein réglé de même, quel que soit le degré d'usure du bandage et des sabots, par la suspension articulée des coulisses et des coins.

D'agir instantanément sur les roues avec énergie;

D'arrondir les facettes rectilignes à mesure qu'elles se produisent sous ses sabots en fer qui, par leur grande pression, grippent sur les bandages des roues avant d'arriver au calage complet.

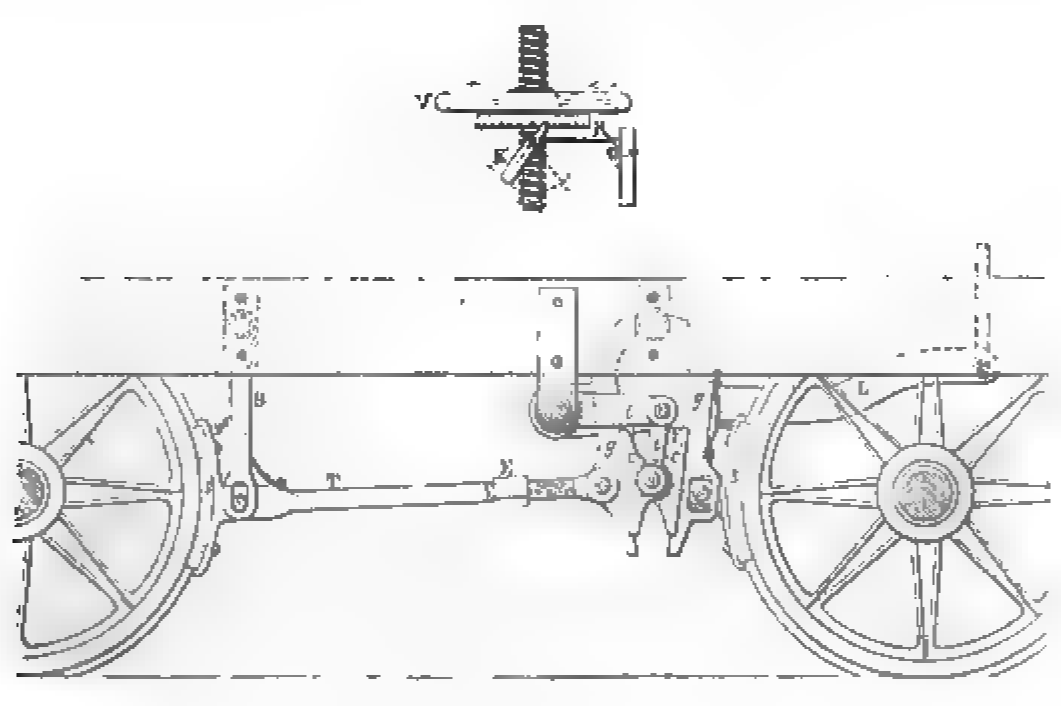


Fig. 68.

La figure 68 présente l'ensemble des modifications apportées par M. Stilmant à son frein.

M. Stilmant a de plus ajouté à son frein un cliquet de retenue à double effet dont la nécessité lui avait été démontrée par la facilité trop grande avec laquelle se desserrait le frein quand on lâchait le volant.

Notes sur le matériel allemand. — Dans un voyage que nous

avons fait en Allemagne, nous avons recueilli quelques notes sur le matériel des chemins de fer ; en voici le résumé :

Poids mort par voyageur. — Le poids mort par voyageur des wagons employés dans le Hanovre et sur plusieurs autres chemins de l'Allemagne, est de :

1re classe,	240 kilog.
2e classe,	125 —
3e classe,	175 —
Mixtes,	250 —

Les poids similaires dans les voitures françaises sont plus faibles. On peut s'en assurer en étudiant le tableau donné page 594 du IIe volume.

Ressorts en volute. — L'emploi des ressorts en volute paraît se généraliser à Berlin, tandis qu'en France il a peu de succès à cause du peu d'élasticité de ces ressorts.

Roues pleines en acier fondu. — Nous avons remarqué dans le Hanovre l'emploi sur une grande échelle de roues pleines en acier fondu de Krupp. Nous ignorons comment elles ont été fabriquées, mais nous inclinons à croire qu'elles n'ont pas été coulées d'une seule pièce, et qu'elles sont formées de parties séparées soudées ensuite ensemble.

Bandages en acier fondu. — En Saxe, on emploie généralement les bandages de roues en acier fondu.

Wagons à huit roues. — A Vienne, sur le chemin du Sömmering, on se sert de wagons à huit roues de deux espèces : les wagons à huit roues, dans le système américain, auxquels on reproche de dérailler facilement à cause du faible écartement des essieux, et les autres dans lesquels les quatre essieux sont parallèles, mais pouvant glisser latéralement au passage des courbes dans les boîtes à graisse, et à l'aide de menottes de suspension qui sont fort longues et permettent un déplacement assez considérable. Nous avons entendu quelques ingénieurs reprocher à ces derniers un mouvement latéral fatigant pour les voyageurs et pour le matériel. Nous supposons qu'ils doivent aussi présenter plus de résistance à la traction que les wagons ordinaires.

Freins. — Le frein à sabots glissants, si généralement répandu sur nos chemins de fer en France, l'est beaucoup moins sur ceux d'Allemagne. On donne, sur ces derniers chemins, généralement la préférence aux freins à quatre sabots suspendus, du même genre que les anciens freins de Versailles, avec articulation permettant le contact complet des sabots avec les roues, à quelque hauteur que soit le châssis par rapport au cintre de la roue. La disposition de ces freins est représentée figure 69.

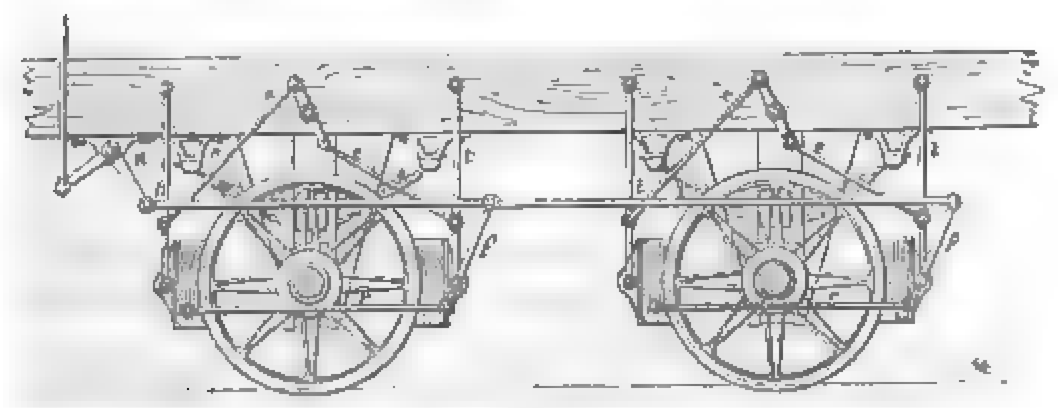


Fig. 69.

Les tringles *tttt* servent à suspendre les sabots, les tringles *rr* sont les tringles de rapprochement, les leviers *ss*, les leviers de serrage, la grande tige TT est la tringle de traction sur laquelle agit le garde-frein par l'intermédiaire de l'équerre E. Les tringles *eeee* servent à l'éloignement des sabots quand le frein est desserré.

Au chemin du Midi, on a conservé aussi un frein à quatre sabots.

Sur certains chemins allemands, on a essayé de suspendre les

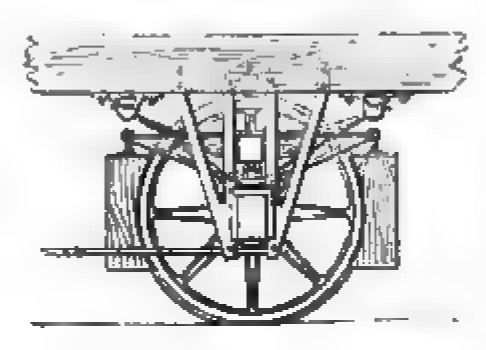


Fig. 70.

sabots aux boîtes à graisse (fig. 70) mais cette combinaison a eu peu de succès.

Voitures en fer. — A Breslau, on fait des wagons à marchandises tout en fer dont on paraît fort satisfait.

Châssis en fer. — Sur plusieurs chemins, en Allemagne, on est content des châssis en fer et on se propose même de les employer sur une grande échelle.

Les châssis en fer employés sur la plupart des chemins de fer allemands, le sont exclusivement sur les chemins construits dans des pays où la chaleur exerce une influence destructive sur le bois, tels, par exemple, que l'Espagne et l'Algérie.

Éclairage des trains par le gaz. — M. Bricogne a distribué aux Compagnies une note sur l'éclairage au gaz des voitures. Ce mode, employé en Angleterre, n'a pas été adopté en France. Nous croyons cependant utile de reproduire la note de M. Bricogne.

Essais faits sur le Great-Western railway. — « La Compagnie de Great-Western railway essaye depuis quelque temps l'emploi du gaz pour l'éclairage de l'intérieur des voitures.

« Le réservoir à gaz est installé dans le wagon à bagages et en occupe la moitié environ.

« On emploie le gaz courant, mais qui passe dans un petit gazomètre spécial appartenant à la Compagnie, où sa pression est régularisée et réglée au degré voulu.

Essais faits sur le Metropolitan railway. — « Le Metropolitan railway, dont le parcours est pour la plus grande partie en souterrain, éclaire ses voitures au moyen de deux becs de gaz par compartiment.

« On y emploie également le gaz courant, dont la pression est régularisée et réglée comme au Great-Western. Mais ici chaque voiture porte son réservoir d'une capacité de cent cinquante pieds cubes anglais, volume qui correspond à deux heures et demie de service environ.

« Les gares extrêmes ont dans l'entrevoie, en communication avec leurs gazomètres, autant de regards qu'il y a de voitures dans les trains les plus longs.

« J'ai compté jusqu'à treize de ces regards, espacés d'une quantité égale à la longueur d'une voiture, ce qui permet d'alimenter un train très-rapidement.

« On compte deux minutes pour cinq voitures.

« Le réservoir de chaque voiture est muni d'un cadran à aiguille, extérieur, qui permet de reconnaître à chaque instant la quantité de gaz restant.

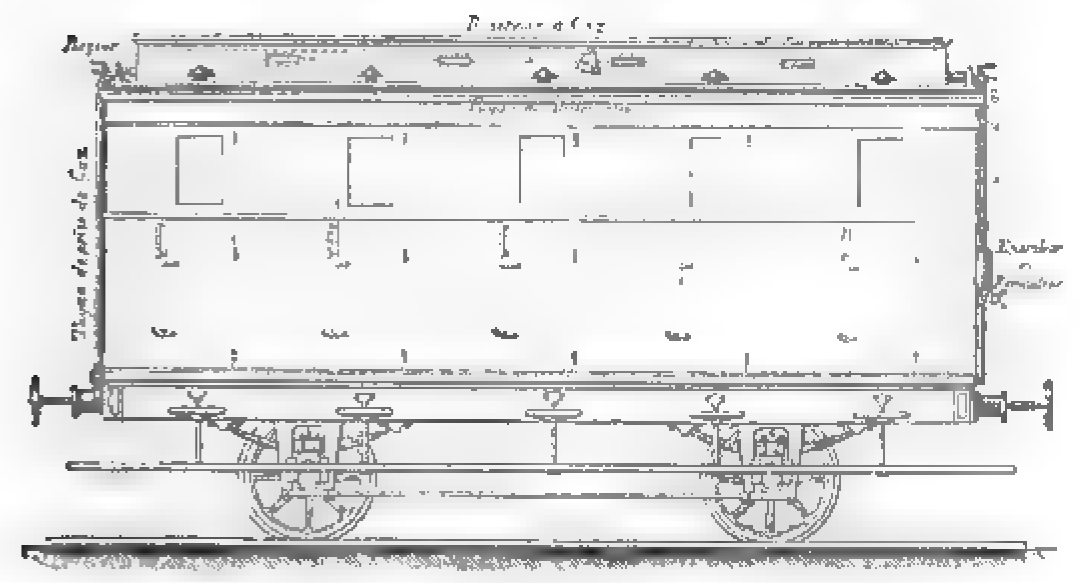


Fig. 71

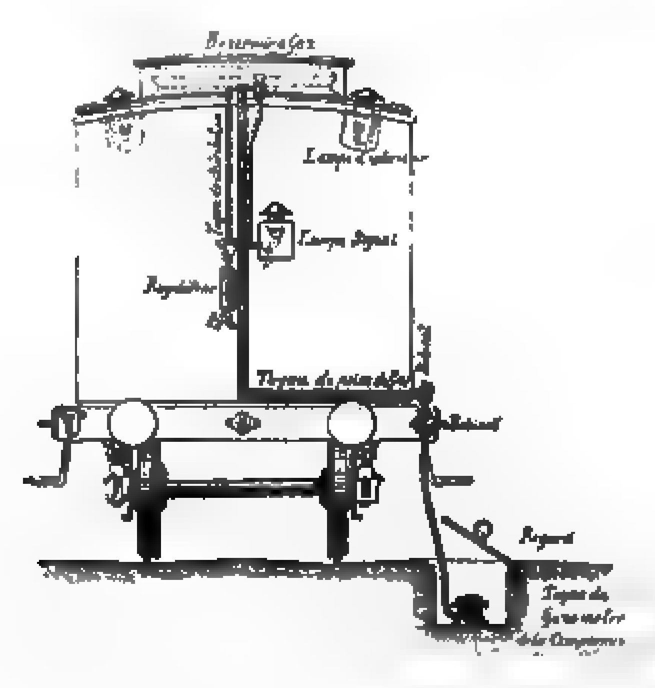


Fig. 72.

« Les voitures portent des tuyaux de remplissage aux angles, en diagonale, qui assurent la possibilité de remplissage des réservoirs,

sans qu'il soit nécessaire de s'inquiéter du sens dans lequel est tournée la voiture.

« Les croquis ci-joints (fig. 71 et 72) en donnent les principales dispositions d'ensemble.

« Le gaz pour aller aux becs passe par un petit épurateur ou régulateur fixé à l'un des bouts extérieurs de la voiture.

« On peut allumer ces becs, soit de l'extérieur, soit de l'intérieur des voitures. Dans ce dernier cas, on détache les globes qui sont montés à baïonnettes.

« Une des lanternes d'arrière est éclairée au gaz, l'autre à l'huile; les signaux d'angles sont éclairés à l'huile.

« Ce système d'éclairage est breveté en faveur de M. Newall, à Bury-Lancashire. »

Caisses des voitures à voyageurs. — Les notes suivantes, qui concernent plus particulièrement les wagons à voyageurs du chemin de fer du Nord, et celles relatives aux wagons à marchandises du chemin du Midi, nous avaient été fournies pour le *Nouveau Portefeuille* par MM. Nozo et Mathieu, ingénieurs à ces deux chemins. Nous pensons qu'elles trouvent plus naturellement leur place dans le *Traité élémentaire*. Jointes aux notes qui précèdent, elles complètent le chapitre du matériel roulant.

Dispositions générales. — Indépendance des caisses. — On sait que dans les voitures à voyageurs la caisse était généralement indépendante des châssis. La réunion s'établit au moyen d'un système de plates-bandes assemblées entre elles par quatre boulons.

On attribue à cette disposition l'avantage qu'en cas de choc violent, la caisse peut glisser sur le châssis après cisaillement des boulons, en amortissant pour les voyageurs les fâcheux effets de la secousse.

Lorsque l'on adopte la double suspension, la liaison de la caisse au châssis est obtenue de fait par l'intermédiaire des ressorts.

Influence de la forme des caisses sur la stabilité. — On sait aussi que l'écartement des essieux joue un grand rôle dans la stabilité en marche. On en déduit que les voitures de première classe devraient être portées sur le plus grand écartement d'essieux. Ce-

pendant c'est assez souvent le contraire qui arrive, parce que les caisses des premières sont généralement moins longues que celles des autres voitures.

Dans les voitures du chemin de l'Ouest on trouve, pour écartement des essieux des premières classes, 3^m,30, tandis que les troisièmes ont 3^m,70.

Dans celles du Bourbonnais, l'écartement est de 3^m,50 pour les troisièmes classes.

Au chemin de fer du Nord, lorsqu'on a organisé des trains express, on a dû, pour obtenir la plus grande stabilité possible, porter l'écartement des essieux des premières classes de 3^m,50 à 4 mètres, c'est-à-dire au maximum possible en fixant les menottes des ressorts de suspension aux traverses extrêmes du châssis.

A une certaine époque, on s'était préoccupé de donner aux caisses des diverses classes à peu près la même longueur, ou de n'employer qu'un seul châssis convenant aux trois classes de voitures, mais les difficultés de donner aux compartiments les dimensions les plus convenables ont conduit bientôt à l'emploi d'un châssis pour chaque classe de voitures.

Voitures de luxe. — Voitures appartenant à des particuliers. — Nous n'avons rien à dire sur la disposition de ces voitures, dont la distribution doit varier selon le caprice du propriétaire; cependant, quelles que soient les idées de chacun à cet égard, on trouve en général dans toute voiture particulière un salon, une chambre à coucher, un cabinet de toilette et un water-closet.

Voitures-salons. — Ces voitures ne servent guère que dans des circonstances spéciales et ne figurent ordinairement qu'en très-petit nombre dans le matériel d'un chemin de fer. Leurs dispositions sont d'ailleurs assez variables.

La compagnie d'Orléans possède plusieurs genres de voitures-salons avec lit et water-closets, elle a également une voiture contenant salon, salle à manger, office et water-closet.

La compagnie du Nord n'a que deux voitures à un salon avec cabinet et water-closet, et quatre voitures à deux salons symétriques sans cabinet ni water-closet.

La compagnie du Midi a cinq voitures-salons dont chacune a un cabinet de toilette et un water-closet. Les compartiments sont pour 8 et 12 personnes.

Nous ne pouvons rien dire de l'ameublement de ces voitures, qui doit varier avec les dispositions adoptées et surtout avec la distribution intérieure.

Les voitures à un seul salon du Nord ont été construites principalement pour servir dans les cérémonies et être offertes aux voyageurs de haute distinction. Entre le cabinet et le water-closet on a pratiqué une porte de communication avec pont de service, permettant de placer au besoin des voitures-salons dans les trains impériaux ou dans les trains de voyageurs. Les voitures à deux salons ont destinées aux voyages de famille.

Wagons de la Poste. — Entre les voitures-salons et les voitures ordinaires se placent encore les wagons pour le service de la poste. Les caisses de ces wagons sont ordinairement construites sous la direction et sur les dessins de l'administration des postes ; à l'intérieur ils présentent la disposition d'un bureau de triage de lettres.

Ce triage se fait sur une tablette qui règne tout au long du wagon, et les lettres sont jetées par destination dans les casiers étiquetés qui la surmontent.

Des lampes ordinaires placées sur supports-consoles éclairent les employés, un poêle placé au milieu les chauffe pendant l'hiver.

Un fort timbre installé sur la toiture et manœuvré de l'intérieur, sert à indiquer au chef de gare que l'échange des dépêches est terminé et que le train peut partir. Dans les derniers temps, l'administration a fait adapter à chaque wagon une boîte dans laquelle le public peut jeter des lettres jusqu'au moment du départ du train et même pendant la route.

Divers essais ont aussi été tentés pour faire aux stations de moindre importance l'échange des dépêches sans arrêter les trains.

Les essais récemment faits au chemin du Nord ont montré que l'échange pouvait avoir lieu avec toute garantie jusqu'à des vitesses de 68 à 70 kilomètres à l'heure ; au delà, les ruptures et les déchirures des sacs sont à craindre.

Voitures ordinaires, première classe à coupés-lits. — Certaines Compagnies offrent au public, avec tarif spécial, des coupés-lits. Plusieurs dispositions ont été essayées, les plus recommandables paraissent être celles adoptées aux chemins de fer du Nord et de l'Est.

Sur ces deux chemins, on peut à volonté voyager assis ou couché. Pour obtenir un lit, il suffit de faire avancer le siége, qui dans son mouvement entraîne le dossier, lequel prend, au moyen de guides convenablement disposées à cet effet, la forme qui convient à la position couchée.

Premières classes à coupés ordinaires. — Les coupés ordinaires sont beaucoup plus répandus que les précédents.

En hiver, les coupés sont naturellement plus froids que les compartiments à deux banquettes ordinaires.

Au Nord, on va tenter d'y remédier en appliquant des coussins, pendant la saison rigoureuse, sur les glaces de côté. Peut-être conviendrait-il mieux d'employer des doubles vitrages, qu'on enlèverait pendant la belle saison ; on conserverait ainsi en toute saison la vue qu'on recherche en prenant les places de côté.

On a hésité longtemps entre les voitures à deux ou un seul coupé. On parait s'arrêter à la disposition à deux coupés, placés aux deux extrémités de la caisse; il y a, en effet, presque autant de voyageurs demandant le coupé d'arrière, que de ceux demandant celui d'avant. En outre, avec la disposition à deux coupés, on obtient trois places de plus sans augmentation de poids mort.

Les voitures à deux coupés ordinaires, de trois places chacun, portent généralement deux compartiments de huit places au milieu, ce qui donne pour la caisse entière vingt-deux places.

On dispose généralement dans chaque coupé un strapontin surmonté d'une tablette, le tout fixé à l'aide de charnières et consoles pivotantes.

Troisièmes classes. — Les principaux types de voitures en usage aujourd'hui sont à cinquante places. Avec les grands écartements d'essieux auxquels on est arrivé dans ces derniers temps, et surtout avec l'emploi des châssis en fer, nous pensons qu'il y aurait avantage à construire des troisièmes à six caisses de dix places. En

adoptant un type à soixante places pour les troisièmes, à cinquante places pour les secondes, on trouverait encore l'occasion de n'avoir qu'un châssis commun au deux classes de voitures, tout en diminuant notablement le poids mort et le prix de revient par place offerte.

Voitures mixtes avec compartiment à bagages. — Les voitures mixtes sont généralement la conséquence de certaines conditions spéciales d'exploitation.

Cette voiture, permettant de plomber le compartiment de bagages au départ de Paris ou de Cologne, les voyageurs franchissent deux frontières sans avoir à subir deux visites de douane. On a construit également au Nord, pour les trains internationaux, une voiture mixte première-seconde, avec compartiment de bagages; les secondes sont à une extrémité, les bagages à l'autre, et le compartiment de première au milieu.

Sur certains chemins on a mis en circulation des voitures mixtes contenant les trois classes de voyageurs; sur d'autres on trouve des voitures mixtes contenant des secondes et des troisièmes.

En Angleterre, certaines Compagnies mettent dans leurs trains express des voitures mixtes de premières et de secondes avec compartiment de bagages pour des destinations de certaine importance, afin d'éviter des transbordements aux voyageurs, et de leur donner toute sécurité au point de vue de leurs bagages.

Voitures à impériale. — Marchepieds et palettes pour y accéder — L'accès sur les premières voitures à impériale était difficile, dangereux et impossible aux femmes. Les palettes avec main-courante n'offrent pas assez de sécurité aux voyageurs. La compagnie de l'Ouest modifie cette partie de ses voitures afin d'éviter tous dangers.

Les impériales ouvertes ne peuvent convenir que pour les courts trajets : elles présentent surtout l'inconvénient de laisser arriver les cendres de la locomotive sur les voyageurs, qui néanmoins estiment beaucoup ces places pendant la belle saison.

Communication d'une voiture à l'autre. — On s'est beaucoup préoccupé dans ces derniers temps du meilleur mode de communication à établir entre toutes les voitures d'un même train au point de vue de la sécurité des voyageurs.

Dès l'origine de l'exploitation des chemins belges, les gardes-convois circulaient d'une voiture à l'autre, pour faire le contrôle des billets, en cheminant sur des tringles de fer rond placées sous les brancards de caisses, et se tenant par les mains à d'autres tringles attachées à la caisse à la hauteur des corniches.

Ce moyen, qui n'était pas sans danger pour les hommes de service, fut remplacé en 1842, au chemin de fer de Lille à la frontière de Belgique (alors exploité par l'État), par l'emploi de longues palettes de marchepied, qui fournissaient un moyen de circulation le long des trains.

Ce moyen de circulation et de contrôle déjà bien efficace fut appliqué plus tard à tout le matériel de la compagnie du chemin de fer du Nord, ainsi qu'à celui du Midi, toutefois toutes les Compagnies ne l'adoptèrent pas.

Moyens proposés pour assurer la sécurité des voyageurs. — L'administration supérieure a demandé aux Compagnies l'application de glaces, permettant de voir d'un compartiment dans l'autre, et au besoin d'appeler en brisant la glace, mais ce moyen soulève aussi d'assez nombreuses objections et ne paraît pas encore fournir la solution recherchée.

Indépendamment de ces divers moyens de circulation d'une voiture à l'autre, on a expérimenté divers moyens de communication entre les hommes de service dans les trains.

Tantôt on a monté sur le tender une cloche mise en action par une corde circulant le long des trains, et à la portée du conducteur du train.

La cloche a été remplacée, au chemin de fer du Nord, par un sifflet spécial d'avertissement, adapté à la locomotive.

Enfin, dans ces derniers temps, on a fait sur le chemin de fer du Nord des essais de communication électrique, suivant le système de M. Prudhomme. Ces essais ont donné d'assez bons résultats ; néanmoins jusqu'à présent, on n'a pas abouti à une solution vraiment pratique.

Tout ce que nous venons de dire s'applique au matériel appelé matériel anglais ; car on sait que, pour les voitures dites voitures américaines, la communication s'établit naturellement au moyen des ponts-escaliers situés aux extrémités des caisses.

Water-closets. — Jusqu aujourd'hui, on ne trouve guere de water-closets que dans les trains de cérémonies ; cependant la compagnie de l'Est en a fait construire dans un certain nombre de wagons à bagages, avec un petit compartiment d'attente contenant deux places. Cette disposition peut donner, jusqu'à un certain point, satisfaction aux réclamations du public ; nous croyons qu'elle doit être employée pour tous les trains express parcourant de grandes distances.

Chauffage des voitures. — On a essayé, avons-nous dit (t. III, page 576), plusieurs systèmes de chauffage de voitures à circulation de vapeur ou d'eau chaude ; aucun d'eux n'est entré dans la pratique.

Des essais d'un nouvel appareil à circulation d'eau, avec foyer spécial pour chaque voiture, viennent encore d'être récemment tentés en Belgique, sur le grand chemin de Luxembourg.

Le foyer se compose de deux cylindres concentriques en fonte, entre lesquels est placée l'eau. Sur une grille, au fond du cylindre intérieur, on charge du menu coke par la partie supérieure, qu'on ferme au moyen d'un couvercle ; ce tuyau donnant issue au gaz prend sur le côté, traverse l'eau et s'élève jusqu'au-dessus du pavillon, où il se termine par une mitre à girouette.

Le système est placé en dehors de la caisse, et fixé à l'un des angles du châssis correspondant. A l'autre bout de la voiture, est monté un tube à colonne d'eau, de hauteur convenable, ouvert à sa partie supérieure, et terminé en forme d'entonnoir, afin de faciliter l'emplissage. Ce tube, débouchant à l'air libre, fonctionne à la fois comme soupape de sûreté, et régulateur de température.

Entre l'appareil et la colonne d'eau on établit à l'interieur des compartiments, sur le plancher, une circulation de tuyaux en zig-zag, pour le départ de l'eau chaude, et en ligne droite sous la caisse, pour le retour de l'eau froide.

Cet appareil qui paraît ne devoir exiger que peu de soins en route, présente l'inconvénient d'être d'une mise en train lente surtout, et de dessécher outre mesure le bois et les garnitures de la caisse, après quelque temps de marche. Les voyageurs se plaignent aussi d'éprouver quelquefois une impression pénible.

En Amérique, comme en Russie sur les lignes du gouvernement, et sur quelques lignes prussiennes, on place des poêles en fonte ou en faïence dans l'intérieur des premières classes, ainsi qu'on le pratique en France pour les wagons-postes; mais ce moyen, acceptable avec la disposition de voiture à laquelle on l'adapte, est inadmissible avec les caisses à compartiments.

Les voitures chauffées avec poêles, que nous citons, sont en effet des espèces de salons à couloir transversal dans lesquels il est facile de trouver la place d'un poêle.

Du reste, sur les chemins où l'on rencontre les poêles intérieurs on trouve aussi des voitures à compartiments chauffés par les mêmes procédés que ceux généralement adoptés, c'est-à-dire au moyen de chaufferettes hydrauliques.

Chaufferettes. — La chaufferette du Nord se compose d'un corps d'une seule pièce en cuivre rouge embouti, et d'un dessus en cuivre rouge fort ou tôle rivé ou soudé, avec les bords relevés du corps principal; l'appareil est étamé à l'intérieur et à l'extérieur.

Tous les bouchons avec les tubulures d'emplissage sont parfaitement calibrés pour s'adapter indistinctement à toutes les chaufferettes et être manœuvrés par une même clef.

Les chaufferettes du chemin de fer de l'Est sont en tôle étamée et brasée avec garniture des fonds en laiton.

Les chaufferettes du chemin de fer du Nord sont relativemen plus coûteuses et moins faciles à manier que celles du chemin de fer de l'Est, mais elles conservent plus longtemps leur température, grâce à leur enveloppe en bois, qui ne laisse échapper la chaleur que par la face supérieure sur laquelle les voyageurs posent leurs pieds.

On a quelquefois employé des chaufferettes de forme cylindrique garnies de moquette. Ces chaufferettes ont l'inconvénient de rouler trop facilement sous les pieds, et surtout de répandre une odeur nauséabonde dans les voitures, lorsque la moquette mouillée par les pieds des voyageurs ou par l'emplissage vient à sécher par l'élévation de la température.

Avec l'emploi des chaufferettes hydrauliques il faut avoir dans les stations, à des distances de 60 ou 80 kilomètres au plus, des

appareils à chauffer l'eau avec installation d'emplissage et de vidange.

Jusqu'ici, on n'a chauffé que les voitures de première classe, il faudrait sans doute trouver des dispositions plus économiques et d'une installation plus prompte et plus commode pour permettre d'étendre le chauffage aux deux autres classes de voitures.

Éclairage. — L'éclairage généralement adopté est l'éclairage à l'huile. Nous avons dit que l'éclairage au gaz n'avait été employé qu'exceptionnellement et qu'il avait eu peu de succès. (Voir tome IV, page 328.)

Châssis vitrés. — La construction des châssis vitrés exige une attention toute particulière. Les différents types employés dans un matériel doivent être rigoureusement calibrés ainsi que les coulants dans lesquels ils se meuvent, afin de n'offrir que le jeu strictement nécessaire au mouvement.

Pour faciliter la manœuvre des châssis de portières plus lourds que ceux de côté, la compagnie du Nord, et après elle plusieurs autres Compagnies, ont employé des contre-poids placés dans l'épaisseur des panneaux.

Au Nord, on a supprimé les poignées du haut et les tirants du bas des châssis, et on les a remplacés par des crochets de laiton en partie incrustés dans les traverses de haut et de bas. Ces crochets allongés sont arrondis sans cependant faire trop de saillie afin de faciliter la manœuvre. Si cette disposition de crochets est plus économique que celle des tirants, on peut dire qu'elle est beaucoup moins commode pour les voyageurs.

Afin de s'opposer au clapotement des châssis et à l'entrée des vents coulis si désagréables dans la marche à grande vitesse, on emploie ordinairement des ressorts destinés à presser le châssis dans sa feuillure. Sur certains chemins anglais et sur le chemin du Nord, on interpose une petite languette de bois d'acajou entre le ressort et le châssis pour mieux assurer la fermeture. Ces languettes doivent être montées de telle sorte qu'elles ne puissent être dérangées par les voyageurs. On garnissait autrefois et on garnit encore les châssis avec du velours, mais cette

disposition, bonne sans doute, exige un entretien assez coûteux. Elle se recommande toutefois par sa simplicité.

Pour les premières et secondes classes, il est important que tous les châssis d'un compartiment soient mobiles ; pour les troisièmes classes, on se contente généralement de ne rendre mobiles que les châssis des portières.

Dans les premières classes on adopte assez généralement aujourd'hui des rideaux pour les châssis de côté ou des stores pour ceux des portières. On monte les rideaux sur tringles en laiton avec corde en soie dans le bas. Au chemin du Midi, aux baies de custode comme aux baies de portières, on a mis des stores à rochet.

Dans les secondes classes, on se contente ordinairement d'appliquer aux châssis de custode des rideaux assez larges pour aller jusqu'au milieu de la portière en glissant sur une tringle ayant toute la longueur du compartiment, un bouton et une boutonnière permettent d'attacher ensemble les deux rideaux lorsqu'ils sont fermés.

Quelques chemins ont cependant adopté des ressorts, mais on ne les a pas disposés à rochets par raison d'économie.

Fermeture des portières. — On ferme généralement les portières au moyen de poignées à loquets en forme de T, afin que d'un coup d'œil les hommes de service puissent s'assurer avant le départ du train que tout est en ordre. On ajoute généralement au loquet, comme complément de fermeture, dans le bas des portes, un verrou de sûreté.

Avec l'emploi des grandes palettes des marchepieds s'est introduit l'usage de longues mains-courantes, qui offrent un point d'appui fort utile aux voyageurs quand ils montent ou qu'ils descendent des voitures.

Toitures. — On a quelquefois fait usage de cuir ou de toile goudronnée et sablée pour couvrir les voitures, mais on revient généralement à l'emploi du zinc.

Pendant que le zinc en feuilles de $0^m,00087$ d'épaisseur, dit n° 14, dure de quinze à vingt ans en n'exigeant que fort peu de réparations, la toile goudronnée ne dure guère que quatre à six ans, en présentant d'ailleurs l'inconvénient de se déchirer, et occasionne des infiltrations fréquentes.

La toiture en zinc se cloue, au moyen de pointes, sur le bord extérieur des corniches et sur les courbes de pavillon de trois en trois courbes, par exemple.

Les corniches sont toujours creusées en forme de gouttières, elles conduisent les eaux aux quatre angles de la voiture, d'où elles s'échappent par quatre petits becs tournés vers l'intérieur des voies.

On a quelquefois fait descendre les eaux par des tuyaux venant déboucher au-dessus des traverses de caisse, mais ces tuyaux se bouchent quand on ne les fait pas d'un diamètre intérieur assez fort. Au chemin du Midi, on a adapté ce système aux voitures de toutes classes et on s'en trouve bien, on les préfère à tout autre mode parce que l'eau n'est projetée ni sur les personnes, ni dans l'intérieur des caisses quand par hasard les baies d'extrémité sont ouvertes.

Dans les coupés du Nord on a disposé le tuyau de descente d'eau de manière à le faire servir de main-courante.

Garnitures. — La garniture la plus généralement adoptée aujourd'hui pour les premières classes est celle en drap mastic plus ou moins foncé. Pour les compartiments de fumeurs, en Allemagne surtout, on adopte le maroquin foncé.

Les garnitures des deuxièmes classes varient beaucoup selon les chemins ; les compartiments sont quelquefois garnis du haut en bas, mais le plus souvent la garniture ne s'élève qu'à la hauteur des épaules. On trouve des garnitures en crin noir, en drap tissé ou feutré, en coutil rayé de différentes nuances.

Les étoffes en crin ont été abandonnées ; cependant le Midi persiste dans son emploi, qui est bon surtout pour les climats chauds.

Le cuir paraît abandonné par les Compagnies qui l'avaient d'abord employé, les coutils, généralement en fil et coton, se fanent rapidement et se déchirent avec trop de facilité. Le drap feutré tendu paraît se maintenir parfaitement. Il se nettoie aisément ; après quatre à cinq ans d'exercice, il peut être retourné, et fournir ainsi une durée moyenne de huit à dix ans.

Pour ménager les garnitures des premières classes, on applique quelquefois des housses à la hauteur de la tête, et des

résilles sur les accoudoirs. Les Allemands adoptent souvent des guipures analogues à celles que l'on place sur les meubles d'appartement.

Coussins. — En Angleterre et en Allemagne on se sert de coussins fixes à élastiques pour les premières classes.

Le dessus des coussins est composé tantôt de toile treillis, tantôt de maroquin, de même nuance que la garniture, pour servir en été.

La parclose est quelquefois composée d'un cadre cannelé.

Parquet. — Le parquet des premières classes est généralement recouvert de toile cirée ; sur cette toile cirée on place, en été, des tapis en moquette doublés de toile treillis ; en hiver, on ajoute quelquefois des peaux de mouton-fourrure.

On a trouvé aussi certains avantages à remplacer, en hiver, les tapis moquette par des tapis en aloès, dans lesquels on place les peaux de mouton.

La conservation des peaux de mouton pendant l'été exige des soins particuliers avant leur rentrée en magasin ; il faut les laver à l'eau de savon et les mégisser à l'eau d'alun.

Les parquets des deuxièmes et des troisièmes classes sont simplement peints à l'huile. En hiver, il convient d'y placer des tapis en aloès, ou tout au moins des paillassons.

Peinture. — On ne saurait trop prendre de soins dans l'application des peintures des caisses. De la solidité de ces peintures, en effet, dépend beaucoup la conservation et par conséquent la solidité des assemblages.

On a adopté différentes nuances de peintures pour distinguer les classes les unes des autres ; il faut toujours s'attacher à choisir des couleurs dont les nuances varient le moins possible sous la double influence du temps et des conditions climatériques. Nous avons, au chapitre des *Wagons*, t. II, page 674, indiqué les conditions que doivent remplir les bonnes peintures.

Caisses des wagons à bagages. — Dans certains wagons, plus spécialement employés dans les trains de marchandises, la caisse, plus petite que celle du wagon à bagages ordinaire, contient un compartiment de cinq places pour les hommes de peine et les doua-

niers ; elle est montée sur un châssis en fonte et bois. Ce wagon porte un frein à contre-poids.

Dans ces derniers temps, le déclanchement du frein a été mis à la main du mécanicien au moyen d'une corde qui aboutit sur le tender. Ces wagons à bagages portent généralement des freins et des niches à chiens.

Fourgons à bagages. — Les fourgons à bagages destinés au service des marchandises sont en général identiques à ceux destinés aux trains de voyageurs. Cependant sur quelques lignes, sur le réseau du Nord entre autres, on a disposé dans ces fourgons un compartiment de 3e classe pour les employés de la douane et de la Compagnie. Ce compartiment est ordinairement placé à l'extrémité opposée à la guérite du frein, à la place des niches à chiens qui sont inutiles dans les trains de marchandises.

Wagons à marchandises couverts. — La plus grande partie des Compagnies ont aujourd'hui renoncé pour les wagons à marchandises à rendre la caisse indépendante du châssis. Cette disposition, qui a certains avantages pour les voitures, n'en présente aucun pour les wagons à marchandises.

Toiture. — Dans la plupart des Compagnies les toitures des wagons couverts sont composées de courbes de pavillon en hêtre, sur lesquelles sont clouées longitudinalement des planches de 15 cent. d'épaisseur et de $0^m,15$ de large, sur ces planches on cloue à son tour ou de la toile goudronnée et sablée, ou du zinc. Les toitures en zinc, généralement réservées pour les voitures, sont considérées comme trop dispendieuses, cependant certaines Compagnies, pour éviter les nombreuses réparations, les déchirures, les avaries qui résultent de la mouillure produite par des toitures en mauvais état, n'ont pas hésité à adopter d'une manière générale le zinc.

Toitures en bois dites toitures à rigoles. — Pour éviter le zinc qui est cher et qui, dans les climats chauds, se gondole, se dilate et se déchire souvent, et pour éviter aussi la toile que quelquefois le vent, en s'engouffrant dans les parties mal clouées, soulève et déchire complétement, le chemin du Midi a, d'après des notes fournies par M. Mathieu, essayé des toitures complétement en bois. Ces toitures, qui sont formées de deux plans inclinés comme

une toiture de maison, sont faites de planches de 20 à 22 millim. d'épaisseur et de $0^m,10$ de largeur, vissées dans leur largeur et sur le battant de pavillon. Ces planches ou voliges, séparées l'une de l'autre de 2 centimètres environ, sont réunies deux à deux par des gouttières en zinc qui ont toute la longueur des planches et qui font office de languettes. Il y a donc entre chaque volige une gouttière par laquelle s'écoulent les eaux à mesure qu'elles tombent.

Les voliges sont en sapin assez épais pour qu'elles puissent résister à la charge des hommes que les besoins du service conduisent à circuler dessus. Elles sont en outre très-étroites afin qu'elles soient le moins possible exposées à se fendre; enfin elles ne doivent être employées que très-sèches, et sont d'ordinaire couvertes d'un enduit de brai sablé, afin que les flammèches qui par hasard s'y déposeraient, ne puissent causer des incendies, cette préparation a en outre l'avantage de contribuer à la conservation des bois.

Les gouttières en zinc n° 16 sont de forme demi-circulaire et embrevées par trait de scie dans les deux voliges contiguës qu'elles affleurent par-dessous.

La première application de ce système de toiture a été faite au chemin du Midi en 1859. Il a été étendu successivement, et aujourd'hui la Compagnie a 1,650 wagons couverts par ce procédé, qui est dû à l'initiative de deux agents de la compagnie du Midi, MM. Dormoy et Dubois.

L'application de ce système a été faite aussi au chemin d'Orléans sur 500 wagons; mais pour qu'il puisse réussir, il faut avant tout que les bois soient bien choisis et que le travail soit fait avec soin. C'est ainsi qu'au chemin du Midi, où le succès a été complet, les 200 premiers wagons environ ont été faits aux ateliers, et on a remarqué que le remplacement des lames défectueuses, après cinq années de service, n'avait été que de 1 pour 100 dans les toitures faites aux ateliers, tandis qu'il a été jusqu'à 10 pour 100 pour la toiture faite chez les fournisseurs, parce qu'en général ils avaient employé des bois verts et défectueux.

Rideaux. — Les wagons couverts étant destinés à contenir ou

des bestiaux ou des marchandises, on a disposé les baies de côté de manière à pouvoir être ouvertes ou fermées à volonté.

Dans l'origine, l'emploi des rideaux en toile de coton était à peu près général, aujourd'hui il est restreint. Ces rideaux, qui glissent par des anneaux sur des tringles en fer cachées sous la gouttière de la toiture, sont en deux pièces pour chaque côté longitudinal. Quand on veut les plier pour aérer le wagon, on les glisse vers chaque extrémité et on les attache au moyen d'une corde qu'ils portent à leur extrémité mobile afin que le vent ne puisse pas s'y enfourner et les déchirer; quand, au contraire, on veut fermer le wagon, on amène chacun d'eux vers le milieu de la caisse, et comme ils glissent sur deux tringles séparées qui se dépassent au milieu, on peut ainsi les couvrir l'une par l'autre d'une certaine quantité, et quand ils sont annexés aux parois de la caisse au moyen de cordes et d'anneaux spéciaux, on empêche ainsi l'eau de pénétrer dans le wagon.

Volets. — Les volets mobiles ont remplacé les rideaux dans la plupart des Compagnies. Ces volets, au nombre de deux ou de quatre par côté, sont à charnières; ils se rabattent soit en dehors, soit en dedans de la caisse.

Chacune de ces dispositions a sa justification, et il est assez difficile de se prononcer *a priori* pour l'une ou pour l'autre; ce qui détermine dans le choix, c'est principalement le mode de construction de la caisse.

Quel que soit d'ailleurs le type adopté, il faut que cette fermeture soit faite avec soin pour empêcher l'eau de pénétrer dans l'intérieur de la caisse; aussi les appuis du volet doivent être faits à feuillure, afin que la pluie battante même ne puisse avoir aucun passage. Le volet, lorsqu'il est fermé, est retenu à sa partie supérieure par un simple loquet tournant fixé au battant de pavillon.

L'entretien des volets, comparé à celui des rideaux que le vent enlève ou déchire, est très-peu de chose; aussi, est-il résulté du fait de cette substitution, dans certaines Compagnies, une notable économie dans la réparation de cette partie du matériel.

Portes. — Les portes des wagons couverts sont ordinairement

des portes roulantes comme celles employées dans les fourgons à bagages. Elles n'en diffèrent que par le mode de fermeture, qui consiste pour les wagons dans un moraillon avec broche en fer au lieu d'une serrure adoptée pour les fourgons.

Les portes sont soutenues par leur partie supérieure sur une tringle en fer fixée au battant de pavillon, et à leur partie inférieure elles glissent au moyen de galets sur un chemin de fer plat mis de champ. Il arrive assez fréquemment que par suite des trépidations et des secousses de la voie, les galets sont insuffisants pour les empêcher de quitter les rails sur lesquels ils reposent, si bien que les portes mal soutenues se décrochent et tombent sur la voie. Pour remédier à cet inconvénient, on a disposé la ferrure qui sert de support aux galets de manière à embrasser par-dessous le petit chemin sur lequel ils roulent, en sorte que, quelles que soient les secousses, les galets ne peuvent plus s'échapper.

Quand les wagons sont faits pour être fermés avec des rideaux, les portes ne sont pas pleines dans toute leur hauteur ; les rideaux ferment le vide laissé à la partie supérieure ; quand, au contraire, les wagons sont avec fermetures à volets, les portes sont entièrement à panneaux pleins.

Wagons couverts à freins. — Dans les wagons couverts à freins, la guérite et le frein sont généralement placés à l'extérieur de la caisse, et dans ce cas, la disposition adoptée est celle des voitures à voyageurs où la guérite est placée sur un des côtés de la caisse.

Quelques Compagnies ont placé la guérite du frein au milieu même et au-dessus de la caisse, de manière que le garde-frein puisse mieux surveiller le train.

Un autre avantage de cette combinaison est de permettre en toutes positions un accès facile à la guérite par deux escaliers symétriques. On espérait aussi, avec cette disposition, pouvoir faire manœuvrer deux freins l'un après l'autre par un même homme, on plaçait vis-à-vis l'un de l'autre deux wagons à freins, mais ce dernier avantage est tout à fait illusoire. Quelques Compagnies ont persévéré dans cette disposition ; d'autres, le Midi parmi celles-ci, l'ont abandonnée. Le Midi l'a abandonnée surtout par cette raison que la disposition du siége, à cause de la hauteur des caisses et

pour pouvoir passer sous le gabarit, avait été conduit à découper la toiture pour placer le siége du garde-frein, il en était résulté des assemblages compliqués pour empêcher l'eau de pénétrer dans l'intérieur de la caissé, assemblages très-difficiles et toujours coûteux à maintenir, aussi a-t-on abandonné ce système.

Cependant le chemin de Lyon (Bourbonnais) l'a maintenu pour tout son matériel, il l'a même appliqué aux voitures, mais il n'a pas touché à la toiture, en sorte qu'il n'a aucun inconvénient de mouillure à redouter.

Wagons plates-formes. — On a reconnu généralement que les wagons à côtés fixes étaient préférables aux wagons à côtés tombants dont les charnières et loqueteaux sont une cause fréquente de réparations, sans qu'il résulte de leur emploi un avantage bien réel pour les manutentions.

Lorsque les côtés sont fixes, leur hauteur doit être très-limitée, afin que le chargement et le déchargement soient faciles ; aussi ne dépasse-t-on pas pour cette hauteur 0,20 à 25 centimètres et elle est suffisante pour arrêter toute espèce de marchandises chargées, et l'empêcher de s'échapper en route par les secousses et les trépidations de la voie. Tout le matériel de wagons plates-formes du chemin du Midi est ainsi construit et depuis son exploitation on n'a pas songé à le modifier.

Cependant plusieurs Compagnies ont conservé les wagons à côtés tombants.

Tous les wagons plates-formes sont disposés pour être bâchés : à cet effet ils portent sur leurs côtés des anneaux en fer en quantité suffisante pour que les bâches puissent être solidement maintenues et ne pas être soulevées ou déchirées par le vent.

Les bâches sont ordinairement indépendantes du wagon, cependant quelques Compagnies, l'Est entre autres, ont attaché à chaque wagon deux bâches, une de chaque côté longitudinal et qui, lorsqu'elle ne sert pas, est roulée et soutenue par des courroies sous le bord extérieur du plancher.

Cette disposition est incontestablement très-commode, parce que l'on a toujours des bâches sous la main, mais elle est dispendieuse et ensuite elle exige un grand entretien, parce que les bâches rou-

lées, dans les pays chauds surtout, s'échauffent rapidement et pourrissent.

Les compagnies du Nord, du Midi, d'Orléans et de la Méditerranée ont adopté le système de bâches mobiles, et les trois dernières ont donné la fourniture et l'entretien de leurs bâches à un entrepreneur qui doit en tenir un nombre déterminé à la disposition des gares, et les entretenir toujours en bon état. Le prix de ces marchés a pour base le mètre carré de surface utile de la bâche.

Un traité analogue existe pour les prolonges et cordages. Les bâches et les cordes ne quittent jamais le réseau auquel elles appartiennent : quand, par conséquent, un wagon bâché passe du réseau d'une Compagnie sur le réseau d'une autre Compagnie, il est débâché, et les bâches et cordes restent à la station de bifurcation.

Wagons pour le transport des moutons. — Les wagons pour le transport des moutons se composent ordinairement de caisses à claire-voie à deux étages, l'une au-dessus de l'autre, couvertes par une même toiture. Les moutons sont introduits dans chaque étage par des portes roulantes au nombre de deux par étage et par côtés, soit donc en tout huit portes. L'étage supérieur doit avoir un plancher imperméable et incliné, afin que les urines répandues par les animaux puissent s'écouler au dehors et ne pas tomber sur la laine de ceux qui sont à l'étage inférieur ; ces urines abîment, détériorent, paraît-il, beaucoup les laines, et sont souvent cause d'une grande perte, aussi quelques Compagnies pour qui le transport de moutons est accidentel ont-elles renoncé à avoir des wagons spéciaux, et elles les expédient dans des wagons ordinaires.

Pour le plancher supérieur, on doit éviter le zinc, qui est très-glissant, et sur lequel les animaux, en tombant, sont très-exposés à se casser les jambes.

La compagnie de l'Est a supprimé, en 1862, l'emploi des wagons à deux planchers ou bergeries ; elle a été guidée dans cette suppression par deux motifs principaux : d'une part les animaux manquaient d'air ; d'autre part un grand nombre de gares ne présentaient pas des dispositions convenables pour l'accès fa-

cile du second plancher. La spécialisation des wagons présente d'ailleurs à notre avis de grands inconvénients; quand une bergerie a servi à porter des moutons, elle reste inutilisée pour d'autres transports, tandis qu'après une expédition de moutons un wagon ordinaire peut être mis en service pour ainsi dire immédiatement.

Wagons pour le transport des plaques tournantes. — Chaque Compagnie a été amenée à faire approprier pour ses propres besoins quelques wagons pour le transport des plaques tournantes. Ces plaques, ordinairement coulées d'une seule pièce ayant jusqu'à 5 mètres de diamètre, ne peuvent pas être transportées horizontalement : il a fallu, de toute nécessité, les charger verticalement; et dès lors on a profité de leur forme circulaire et du moyeu central qu'elles portent pour les enfiler sur un arbre horizontal, maintenu au sommet d'une charpente triangulaire en forme de double tréteau au châssis du wagon. On charge ordinairement deux pièces semblables symétriquement à l'axe du wagon, de manière à l'équilibrer.

Quand les plaques sont en deux parties, on procède pour chaque partie comme si elle faisait un tout.

Voiture à deux étages. Réponse aux objections. — Nous avons, dans le troisième volume, décrit la voiture à deux étages de MM. Bournique et Vidard, et nous avons fait suivre notre description de quelques observations critiques. Ces messieurs, auxquels nous les avions communiquées, y répondent par la note suivante, que nous nous empressons de publier :

« Les reproches qui sont adressés à notre *premier* modèle de voiture à deux étages sont, en général, fondés; mais nous pouvons dire que dès aujourd'hui les quelques imperfections signalées par M. Perdonnet seront à peu près toutes évitées, ou sensiblement atténuées, dans les voitures que nous construisons en ce moment pour le chemin de fer du Médoc :

« 1° La largeur de chaque place sera :

Pour 1re classe, de $0^m,560$.
Pour 2e — de $0^m,465$.
Pour 3e — de $0^m,490$.

« Nous ajouterons que, dans le sens de la profondeur, les voy-

geurs de toutes classes sont beaucoup mieux partagés que dans les voitures actuelles, et qu'enfin ce nouveau système de voiture n'étant pas destiné à des trains express, la largeur des places des premières peut être un peu diminuée sans inconvénient, puisque les parcours sont en général, dans ce cas, très-courts.

« 2° La hauteur du compartiment supérieur a pu être augmentée de $0^m,10$.

« 3° Nous ajoutons une marche de plus à l'escalier, ce qui le rendra sensiblement moins rapide.

« 4° La banquette du milieu de la caisse supérieure ne servant en aucune façon à entretoiser la caisse (l'entretoisement est fait au moyen d'un fer à T, formant courbe de pavillon), on pourra, quand on le voudra, ne pas interrompre le couloir du milieu; c'est, du reste, ce qui a été fait depuis au modèle que nous avons livré à la compagnie de l'Est.

« D'autre part, nous sommes tout à fait convaincus que la caisse supérieure sera tres-recherchée, et que l'on sera conduit presque toujours à la diviser en deux parties égales : une moitié pour places de deuxième classe, et l'autre moitié pour places de troisième classe. Dans ce cas encore, les inconvénients signalés par l'interruption du couloir disparaissent, et l'on est ainsi amené naturellement à loger des compartiments de troisième classe dans la caisse inférieure.

« 5° Les lampes seront disposées sur les côtés de la voiture, dans la frise formée entre le jet d'eau et la corniche; de cette façon, le service pourra se faire sans banquette ou échelle, l'homme se plaçant sur le marchepied inférieur.

« 6° La voiture étant vide, le centre de gravité de l'ensemble des deux caisses est sensiblement plus bas que dans les voitures actuelles (la caisse supérieure pèse seulement 900 kilogrammes); de sorte que c'est, à très-peu de chose près, à la même hauteur que dans les voitures ordinaires lorsque la voiture est en charge.

« Dans les trajets que nous avons faits de Paris à Coulommiers, nous avons constamment remarqué que le mouvement de balancement est sensiblement plus faible dans la caisse inférieure de la voiture à deux étages que dans les voitures actuelles; par contre, il est un peu plus marqué dans la caisse supérieure.

« 7° L'expérience peut seule prononcer sur les deux derniers inconvénients présumés, que nous redoutons d'autant moins qu'ils pourraient être facilement évités s'ils devaient se produire. »

Modifications apportées à la voiture Leprovost. — M. Leprovost, reconnaissant la justesse des observations qui ont été faites sur sa voiture par MM. les ingénieurs de l'Est, a apporté à son système des modifications qu'il croit de nature à corriger les défauts que présentait le wagon dont on a fait l'essai.

Portières. — On avait objecté que les portières étaient dangereuses. Il est vrai que les feuillures de ces portières étant placées dans le plan du plancher et à l'aplomb du pied des voyageurs, on pouvait craindre que ceux-ci dans un moment d'oubli se fissent estropier au moment où on fermait les portières.

Pour obvier à cet inconvénient, la largeur du plancher de la voiture a été augmentée de $0^m,07$ de chaque côté, soit en tout $0^m,14$, de façon que la feuillure de la portière n'est plus à l'aplomb du pied du voyageur. De plus, cette feuillure au lieu d'être dans le plan du plancher a été placée à $0^m,05$ au-dessus, de manière à former un ressaut qui empêche le pied de glisser en dehors.

Poids. — Le poids des nouvelles voitures est diminué de façon que le poids total (y compris châssis) est de 6,000 kilog. nombre qui peut être considéré comme une moyenne.

Construction. — La construction est simplifiée par l'emploi de baguettes rigides, en fer, qui permettent de réduire de moitié le nombre des rivets nécessaires pour assembler les tôles.

Largeur des voitures. — La largeur extérieure des nouvelles voitures est fixée à $2^m,890$. Chaque voyageur a, comme dans les voitures actuelles, un espace de $0^m,59$. L'espace libre est au minimum (avec une entrevoie de $1^m,800$) égal à $0^m,42$. Avec l'entrevoie réglementaire de 2 mètres, cet espace libre est de $0^m,62$.

Observation. La voiture de l'Empereur a $0^m,19$ de plus que ces voitures, et elle circule partout.

Améliorations dans les détails. — La serrurerie était négligée dans la voiture dont on a fait l'essai. Ainsi les serrures n'étaient pas munies de ressorts, les loqueteaux n'étaient pas assez hauts : il en est résulté que par suite des cahots pendant la marche une

portière s'est ouverte et s'est brisée (accident qui d'ailleurs arrive assez souvent aux voitures actuelles). En adaptant aux portières de ses voitures le même modèle que dans les voitures actuelles pour la serrurerie, en augmentant la hauteur des loqueteaux, M. Leprovost espère pouvoir empêcher cet accident de se renouveler.

La hauteur de la plate-forme de la terrasse est diminuée de $0^{m},15$, de manière à augmenter les dimensions du water-closet qui était un peu bas.

La forme extérieure des nouvelles voitures ne différera point de celle des voitures actuelles. On a reproché à l'ancienne voiture d'avoir des glaces trop petites ; dans le nouveau modèle ces glaces auront $0^{m},60$.

La hauteur des accotoirs sera augmentée de $0^{m},05$ de façon à rendre les places plus commodes.

La plate-forme sera augmentée de façon à pouvoir installer de chaque côté de la porte d'entrée du couloir, deux strapontins pour les fumeurs.

Amélioration dans la disposition. — On avait objecté que le couloir de communication empêchait d'isoler complétement un compartiment.

Dans les nouveaux modèles on a établi une cloison qui sépare un compartiment du couloir. En ouvrant une issue *sur la terrasse* on peut arriver des deux côtés dans ce compartiment qui est ainsi complétement isolé des autres.

M. Leprovost a présenté un nouveau modèle de voiture à couloir extérieur fermé dans laquelle la circulation peut se faire sans déranger personne, d'ailleurs on peut isoler les compartiments, qui sont attenants à la terrasse, d'une manière complète.

Le prix de ces voitures est le même, sinon inférieur à celui des voitures actuelles.

Éclairage des signaux des trains. — On essaye en ce moment, au chemin de l'Est, afin de rendre impossible l'extinction des feux de signaux des trains, ou tout au moins d'en diminuer le nombre, un petit appareil fort simple inventé par un garde-frein, M. Molvé. Des renseignements qui nous ont été fournis, il semble résulter que, sans empêcher complétement l'extinction des lam-

pes, l'appareil à l'essai en a réduit de 80 pour 100 le nombre.

Cet appareil se compose d'un disque en tôle servant de chapeau à la cheminée d'aspiration de la lanterne, sur laquelle il se fixe à l'aide de charnières.

L'ouverture circulaire, pratiquée au milieu du disque pour laisser passer les gaz de la combustion et l'air chaud, est munie d'une petite soupape à contre-poids, montée librement sur un palier. Le poids de la soupape est à peu près égal à celui du contre-poids qui doit la tenir constamment ouverte, de sorte qu'en marche, quand le courant d'air devient trop fort, et qu'on a à redouter l'extinction des feux, la soupape se ferme sous la pression du vent et se rouvre bientôt d'elle-même, sollicitée par le contre-poids qui tente à l'entraîner, ou par la pression de l'air chaud renfermé dans la lanterne et qui soulève la soupape pour s'échapper.

Il est probable que la compagnie de l'Est, satisfaite des essais qu'elle a faits, appliquera sur une grande échelle cet appareil à son matériel d'éclairage.

MACHINES LOCOMOTIVES

Appareil Giffard. — Modèle de l'Est. — Nous avons représenté et décrit, IIIe vol., p. 252, l'appareil Giffard tel qu'il est sorti des

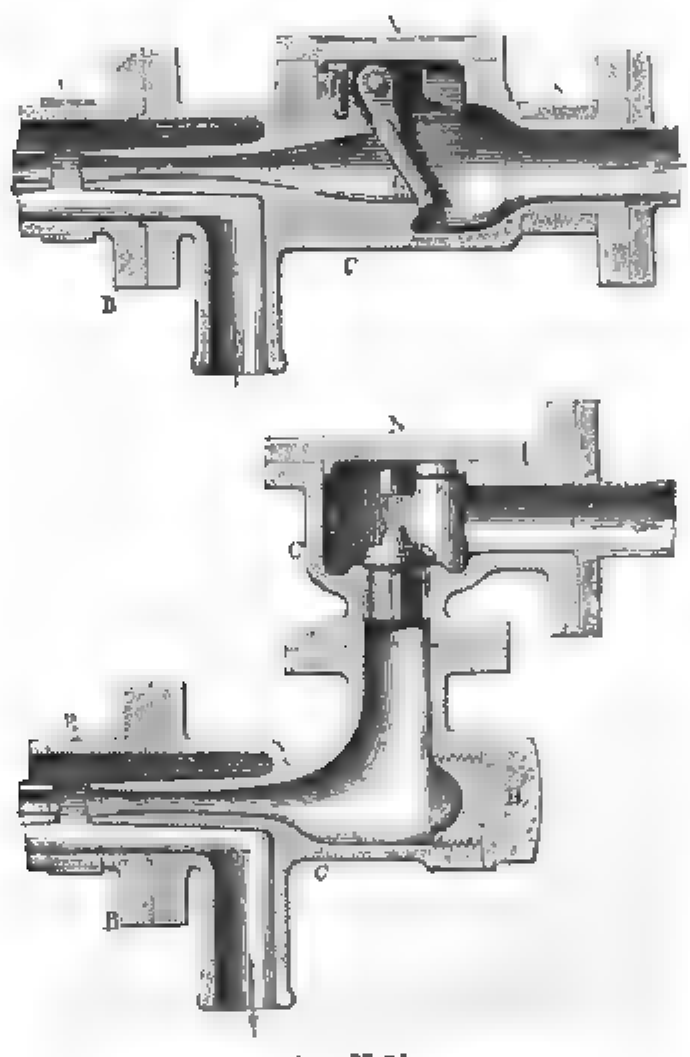


Fig. 73-74.

mains de l'inventeur et tel que la compagnie de l'Est l'a employé dans l'origine.

Cette Compagnie a depuis lors apporté au modèle primitif de Giffard une modification qui est indiquée fig. 73, et qui consiste dans la substitution d'un clapet de retenue à un clapet à soulèvement (fig. 74), ce nouveau clapet étant placé dans l'axe de l'injecteur, comme l'indique la figure.

Les deux modèles fonctionnent également bien ; mais nous préférerions l'ancien modèle à clapet de soulèvement, parce qu'il permet de conserver le bouchon à vis et qu'en enlevant ce clapet ainsi que ce bouchon, on peut facilement le visiter et le débarrasser du tartre qui s'y accumule sans démonter l'appareil.

Observations sur les systèmes Delpech et Pradel. — La modification Delpech et la modification Pradel semblent avoir eu pour but principal d'éviter le joint J' du piston dans le cylindre près de la chambre d'eau A' et de prévenir ainsi le passage de la vapeur de la chambre à vapeur dans la chambre d'eau autrement que par le tuyau, la moindre fuite pouvant arrêter immédiatement le jeu de l'injecteur.

L'expérience du chemin de l'Est et de plusieurs autres lignes qui emploient les nombreux appareils construits chez Flaud, prouve que cette crainte est chimérique. Les petits segments métalliques semblables à ceux des pistons suédois, ainsi que les stries annulaires à bavures renversées sur le piston, bavures forcées dans le cylindre, donnent une très-bonne garniture qui ne perd jamais. Nous ne pensons donc pas qu'il soit nécessaire de modifier l'injecteur pour éviter le joint J'.

Système Delpech. — L'injecteur Delpech (fig. 75), ordinairement vertical, est d'une forme tourmentée et d'un poids relativement considérable. Ce poids est de 92 kilog., tandis que celui de l'injecteur de l'Est n'est que de 48 kilog. La tuyère est fixe. La cheminée et le tube divergent sont d'une seule pièce mobile qui traverse deux presse-étoupes.

Cet injecteur est employé généralement sur le chemin Lyon-Méditerranée où on en est très-satisfait.

Système Pradel. — Quant à ce qui est du système Pradel nous ne saurions dire s'il a été construit même pour essais. Dans ce système, le tube divergent, la cheminée et la tuyère sont fixes et traversés dans

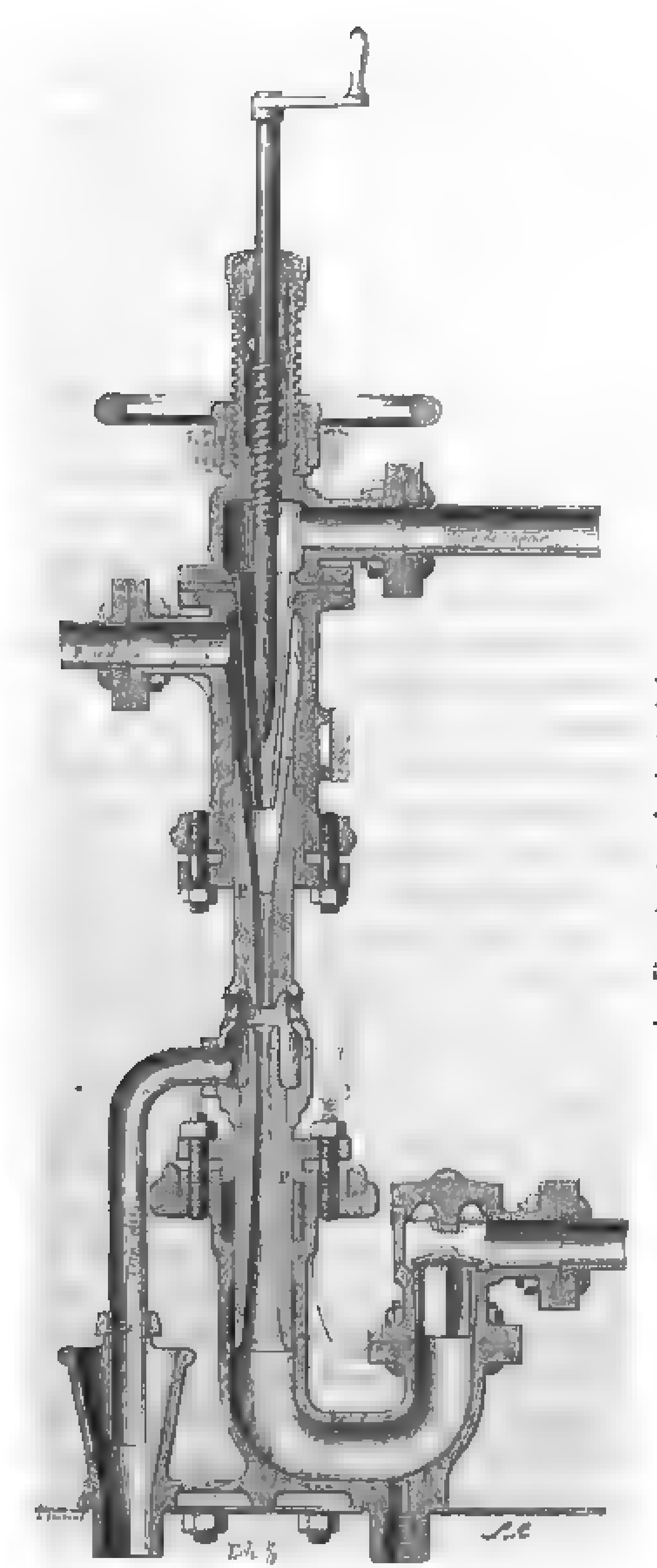


Fig. [illegible]. — Injecteur du chemin de Lyon

toute leur longueur par l'aiguille qui seule est mobile. La partie de l'aiguille qui pénètre dans le tube divergent est conique, de manière que la section minima au lieu d'être fixe comme d'ordinaire est variable. — La partie de l'aiguille qui traverse la cheminée l'est également.

Dans le Giffard ordinaire l'aiguille est constamment retirée à fond, quelle que soit la pression.

La marche se règle par la section du volume d'eau en enfonçant plus ou moins la tuyère dans la cheminée, jusqu'à ce que la veine tout entière soit introduite sans perte. Ce moyen est d'une grande sensibilité ; nous avons lieu de croire qu'on n'obtiendrait pas le même résultat au moyen d'une section de vapeur venue par la forme conique d'une aiguille mobile comme le cherche M. Pradel.

Le système Pradel, sans offrir d'avantages bien marqués, nous paraît présenter d'autres inconvénients encore sur lesquels il ne nous semble pas nécessaire de nous étendre, mais qui n'échapperont pas à l'ingénieur qui voudra l'étudier.

Appareil Turck. — M. Turck, ingénieur au chemin de fer de l'Ouest, a apporté aux injecteurs Giffard une modification qui consiste dans l'application, autour de la tuyère d'amorce de vapeur, d'une enveloppe, qu'il appelle régulateur d'eau et qui a pour effet d'empêcher le refroidissement et l'abaissement de pression de la vapeur ainsi que l'échauffement de l'eau d'aspiration. M. Turck prétend augmenter aussi la puissance d'aspiration, la puissance d'introduction des appareils. M. Turck a en outre étudié avec beaucoup de soin la forme à donner aux tuyères, aux cheminées, aux aiguilles, aux clapets, en général à toutes les parties des injecteurs, mais ce sont là de simples perfectionnements de détails qui ne constituent pas une disposition nouvelle comme le régulateur d'eau. M. Truck y attache toutefois presque autant d'importance qu'au régulateur.

Une longue expérience faite sur le chemin de fer de l'Est de l'ancien injecteur Giffard nous conduit à repousser les objections que lui fait M. Turck et à nier les défauts auxquels il prétend remédier par une complication de l'appareil inutile selon nous. Il n'est pas vrai de dire, comme le prétend M. Turck, que l'on n'est pas arrivé à constituer un injecteur qui ait donné pleine satisfaction ; les injecteurs de l'Est fonctionnent parfaitement depuis plusieurs années,

et sont au nombre de 716, l'année dernière, deux seulement ont dû être réparés, et encore, pour des causes accidentelles qui ne tenaient pas à l'imperfection de l'appareil. M. Turck a publié, du reste, dans les *Annales des mines*, t. IV, 1862, une description de son injecteur à laquelle nous renvoyons ceux de nos lecteurs qui désireraient le mieux connaître.

Cheminées. — Dans le Hanovre, afin d'éviter la projection des étincelles, on emploie avec avantage la cheminée ci-contre (fig. 76), qui, nous a-t-on dit, donne d'excellents résultats.

Cette cheminée se compose d'un corps de cheminée ordinaire, terminé à sa partie supérieure par une partie sphérique en tôle, ouverte à son sommet. Dans l'intérieur se trouve suspendu au-dessus de la cheminée une espèce de parachute retourné, contre lequel viennent se heurter les escarbilles ou étincelles entraînées par le tirage pour retomber dans la sphère en tôle, d'où on les extrait quand la machine rentre au dépôt.

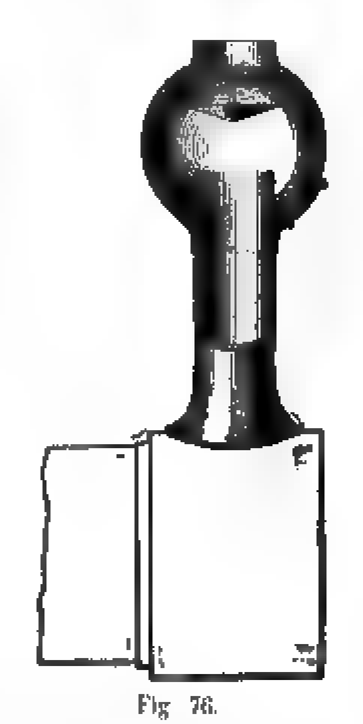


Fig. 76.

Machines autrichiennes. — En Autriche, on emploie des machines à trois essieux couplés avec roues intérieures aux boîtes, — mouvement et cylindre extérieurs.

Les boîtes sont extérieures aux roues et placées directement sur le prolongement de l'essieu entre la roue et la manivelle.

Machines Engerth du Sömmering. — Dans les nouvelles machines Engerth modifiées, on a placé sur les boîtes, afin de donner plus d'adhérence à la machine, de forts contre-poids en fonte qui servent en même temps à contreventer le châssis. Ces contre-poids portent sur chacun des quatre essieux. On en a même ajouté un à l'arrière près du foyer.

Roues en fonte de Gruson. — Nous avons eu occasion de remarquer sur plusieurs chemins allemands l'emploi de roues de locomotives en fonte (fig. 77 et 78). Nous ne saurions partager la confiance des ingénieurs allemands à l'égard de ces roues. La fonte, de si bonne qualité qu'elle soit, ne nous paraît pas présenter assez de sécurité pour être

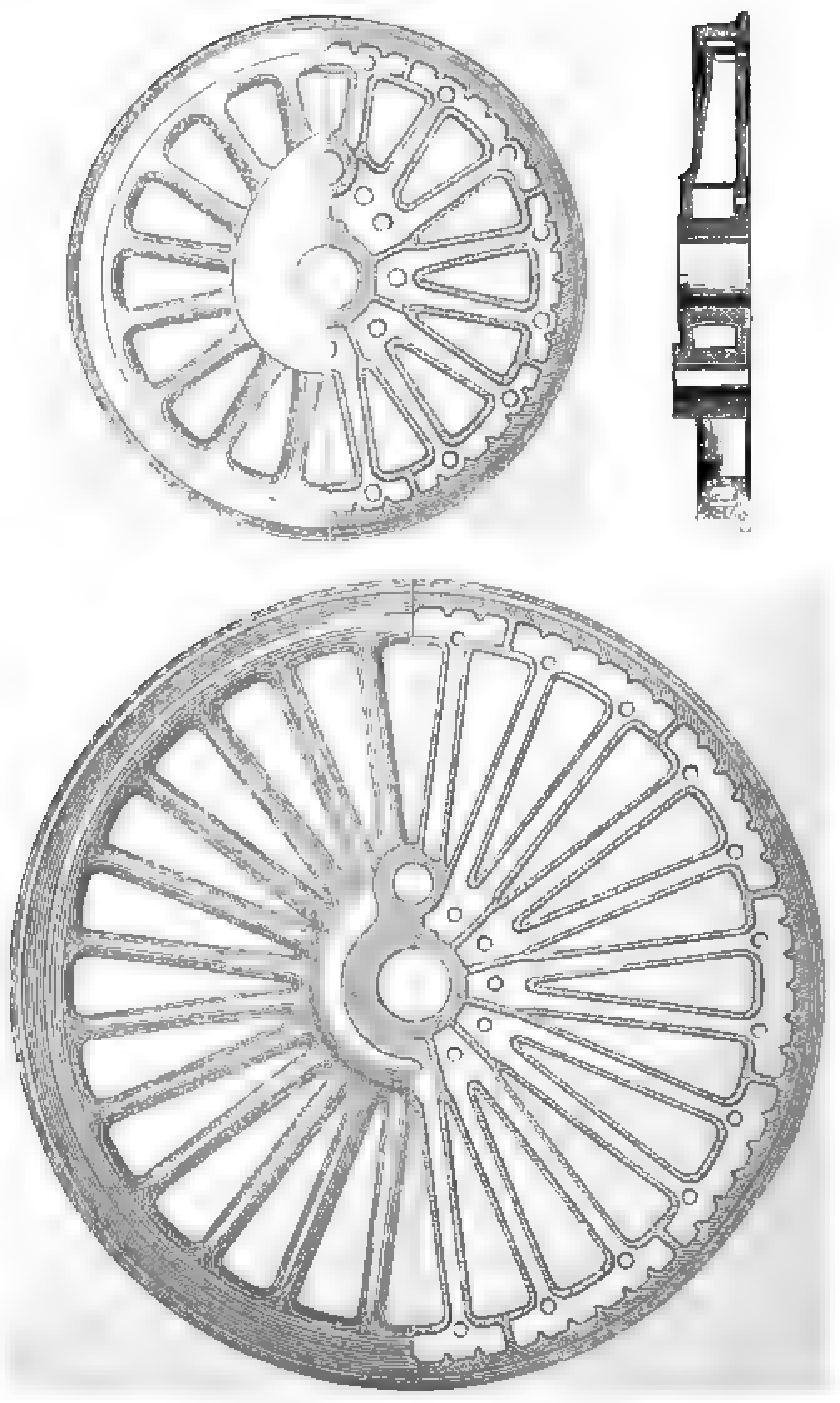


Fig. 77 et 78. — Roues de locomotives en fonte.

employée aux roues de locomotives. Déjà comme roues de wagons, elles occasionnent, avec de faibles charges, des accidents. Que n'a-t-on pas à redouter des roues de locomotives sur lesquelles pèsent jusqu'à 10 et 12 tonnes.

Machines Sturrock. — En décrivant tome III, p. 599, les nouvelles machines de M. Sturrock, nous avons supposé que la liaison du tender à la machine avait lieu, comme dans les machines Verpilleux, au moyen d'un tube articulé. C'est une erreur, nous nous sommes procuré un dessin de cette machine que nous reproduisons (fig. 79.) Au lieu d'un tube articulé, M. Sturrock emploie un tube métallique flexible, ce qui fait disparaître un des principaux inconvénients du système Verpilleux.

Un certain nombre de machines de ce genre sont employées depuis le 27 mai 1863 sur le chemin de Great-Northern ; elles augmentent, d'après M. Sturrock, la puissance de la machine de 30 à 50 pour 100. On fait usage des mêmes machines sur le

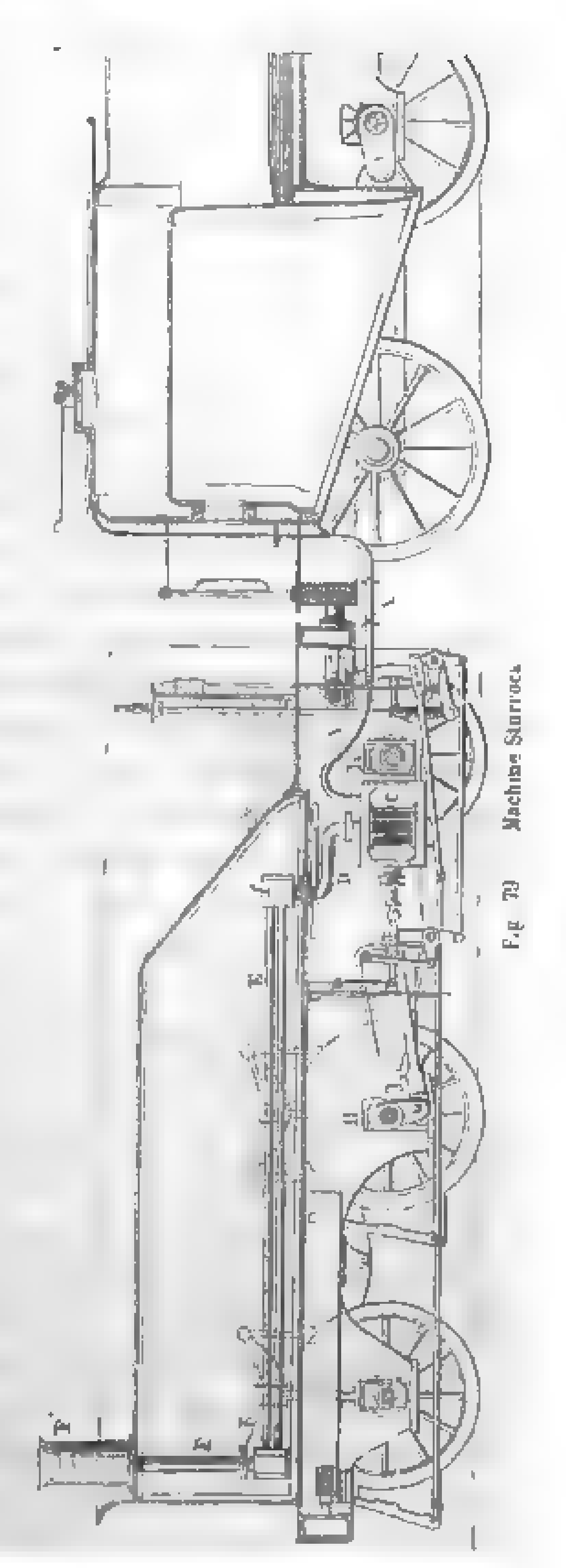


Fig. 79. Machine Sturrock.

chemin de Manchester et Sheffield depuis le 16 août 1863 avec le même succès.

Une machine de ce genre coûte 10,000 fr. environ de plus qu'une machine ordinaire à marchandises du chemin Great-Northern. On a dû, pour alimenter les cylindres du tender, augmenter la surface de chauffe de la machine, et pour cela on a allongé la boite à feu comme le fait M. Belpaire dans son système.

La surface de grille de la machine, avant cette modification, n'était que de 1m,50 carré. L'essieu de derrière était placé derrière la boite à feu; après la modification, la surface de grille est devenue de 2m,45, et l'essieu a été placé en dessous de la boite.

L'augmentation du poids de la machine a été d'environ 500 kilog., elle a pu alors traîner 45 wagons au lieu de 30.

Enfin le poids du nouveau tender étant plus grand que celui de l'ancien, le frein agit plus énergiquement.

Locomotive express du London-Chatham-and-Dover railway, MM. Sharp, Steiward et Cie. — La figure 80 représente une machine à roues couplées de grandes dimensions pour le service des trains express sur le London-Chatham-and-Dover railway.

Ces machines peuvent remorquer une charge de 220 tonnes sur une partie de niveau à la vitesse de 72 kilomètres à l'heure.

La partie cylindrique de la chaudière a 3m,20 de longueur et 1m,18 de diamètre. La boite à feu a 1m,60 de longueur, 1m de largeur, 1m,60 de profondeur à l'avant et 0m,85 à l'arrière.

La surface de chauffe se compose de celle de 184 tubes en laiton de 0m,05 de diamètre et de 3m,30 de longueur, correspondant à 95m,32, et de 9m,85 pour la surface de chauffe par rayonnement, ce qui fait en tout 105m,17.

La surface de la grille est de 1m,85; la cheminée a 0m,38 de diamètre et 4m,04 de hauteur mesurée du niveau des rails; les cylindres ont 0m,43 de diamètre, le piston 0m,55 de course. L'alimentation a lieu au moyen de deux Giffard placés sur les côtés de la boite à feu. Les grandes roues ont 1m,98 de diamètre, les petites 1m,22. La distance entre l'essieu moteur et l'essieu d'avant est de 2m,28, celle entre l'essieu moteur et la roue d'arrière 2m,15, en sorte que la distance entre les essieux extrêmes est de 4m,42.

Le poids de la machine prête à marcher est de 31 tonnes; il est réparti de la manière suivante : sur les roues de devant 9t,805, sur

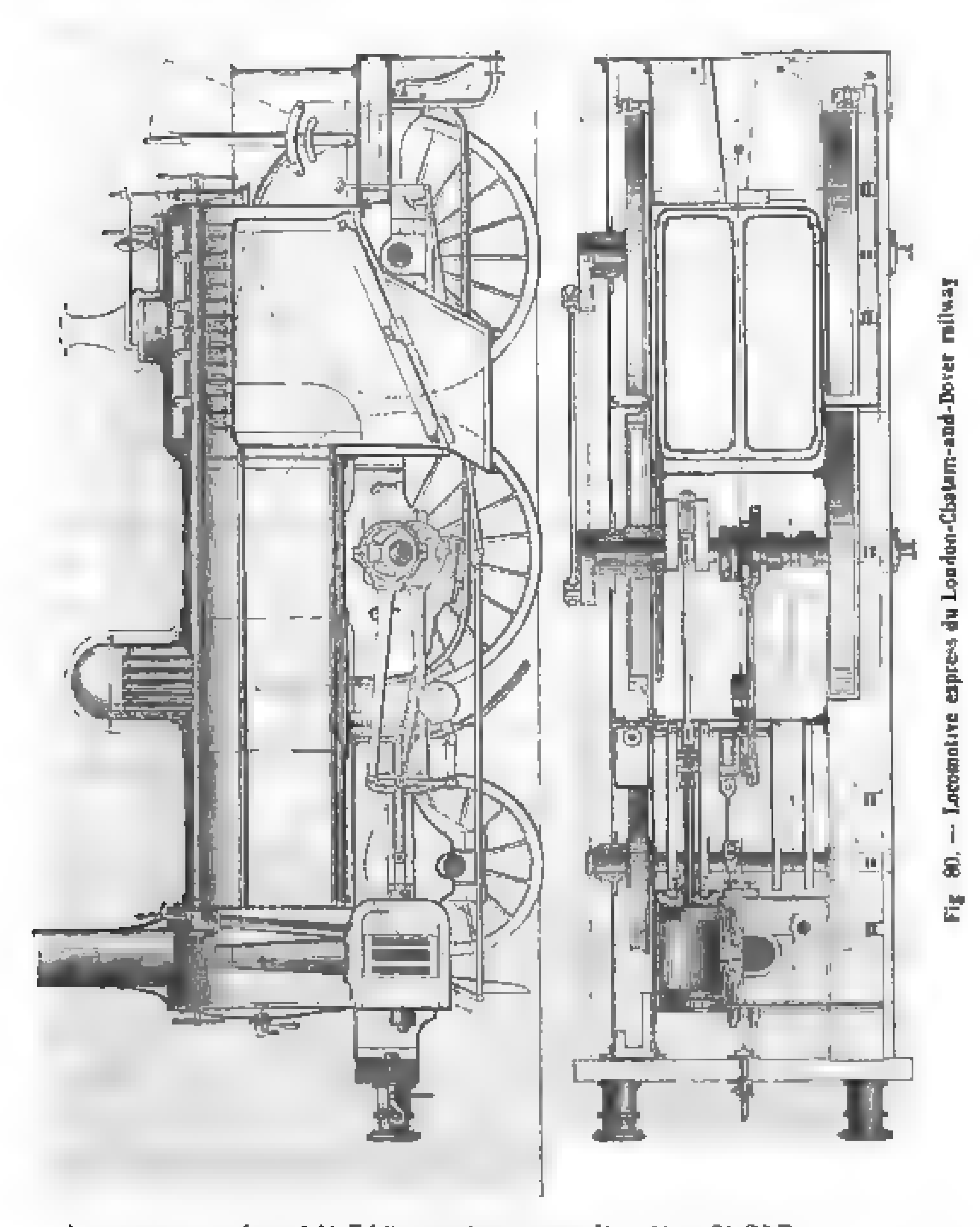


Fig. 80. — Locomotive express du London-Chatam-and-Dover railway

les roues motrices 11t,316, sur les roues d'arrière 9t,953.

Locomotives express du North-Western railway à Crewe de M. Ramsbottom. — La figure 81 représente une machine pour

trains express dans le système de M. Ramsbotton employée pour le service de la malle d'Irlande entre Chester et Holyhead. Cette machine remorque en moyenne 11 wagons de voyageurs et 1 wagon frein dont le poids augmenté de celui de la machine et du tender

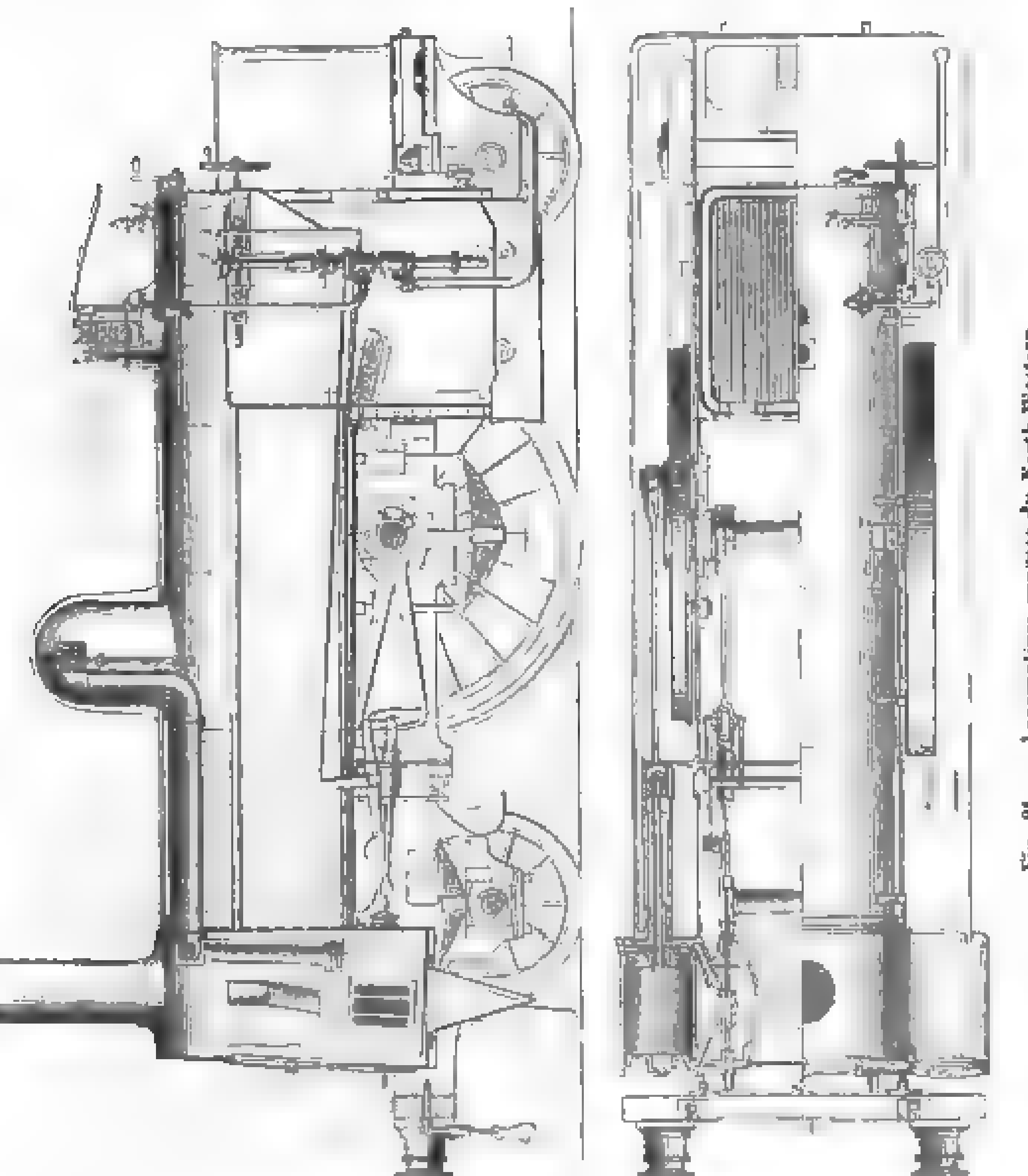


Fig. 81 — Locomotives express du North-Western.

s'élève à 90 tonnes environ, à la vitesse de 72 kilomètres par heure.

Les pentes sur cette partie de la ligne étant très-fortes, voici quelles sont les dimensions principales de la machine.

Longueur du corps cylindrique	5m,18
Diamètre.	1 20

Longueur de la boîte à feu	1	27
Largeur.	1	07
Profondeur.	1	70
Surface de chauffe.	$1^{m2},92$	
Tubes en laiton de $0^m,05$ de diamètre et de $5^m,28$ de longueur	$100^{m2},35$	
Rayonnement.	8	83
Ensemble	109	18
Surface de grille . . .	1	36
Diamètre de la cheminée. .	0	41
Hauteur au-dessus du rail. . .	4^m	,00
Diamètre des cylindres. . . .	0	44
Course des pistons	0	61
Mode d'alimentation, deux giffards de moyenne grandeur placés sur les côtés de la boîte à feu	2	28
Diamètre des roues motrices.	2	28
— des roues porteuses.	1	10
Distance entre l'essieu d'avant et l'essieu moteur.	2	31
— entre l'essieu moteur et l'essieu d'arrière. . . .	2	41
— totale entre les essieux extrêmes.	4	72
Poids de la machine prête à marcher	27	,727
Répartis de la manière suivante		
Sur les roues d'avant.	9	547
Sur les roues motrices	11	680
Sur les roues d'arrière	6	500

Locomotives-tenders à voyageurs, pour fortes rampes et courbes à petits rayons avec train universel. — Système Vaëssen. — Le système de ces locomotives (fig. 82 et 83) se distingue par un train articulé qui se place à l'aide d'un levier M, suivant le rayon des courbes que la locomotive franchit. Les roues motrices RR, R'R' calées sur essieux fixes, donnent la direction à l'axe longitudinal de la machine. Le pivot, ou boule O, du train articulé, est fixé sur le levier M, qui permet au train non-seulement de se ployer dans tous les sens pour se placer dans le rayon des courbes et de s'incliner d'après le rehaussement des rails extérieurs, mais aussi de se déplacer latéralement dans les courbes. La machine porte en partie, par l'intermédiaire de deux couples de glissière SS sur le levier M ; ce levier, lui-même, articule sur un pivot T.

Les glissières SS forment des plans inclinés ; elles permettent un déplacement du levier dans les courbes et ont la tendance de le ramener dans l'axe de la machine.

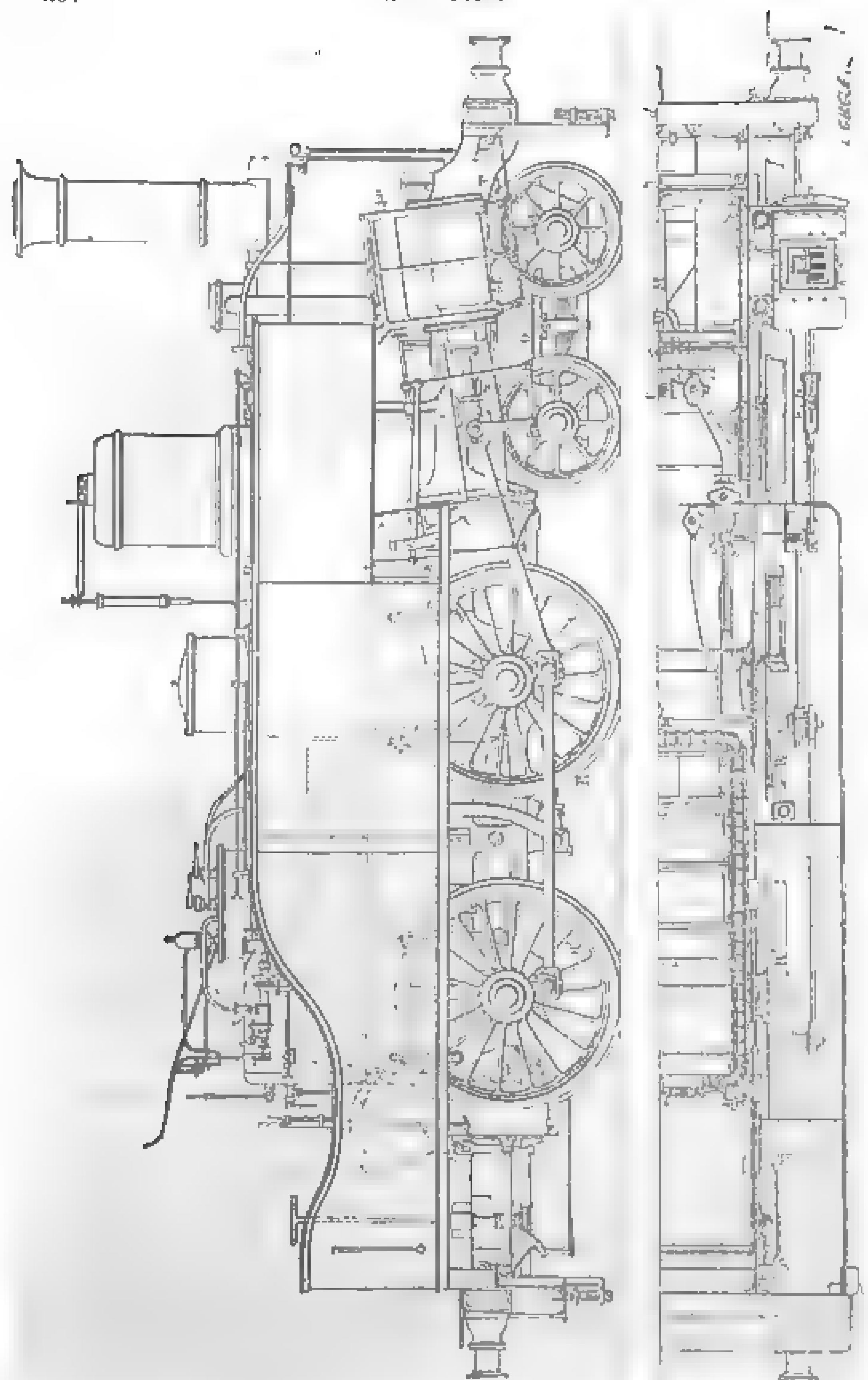


Fig. 82. — Locomotives-tenders à voyageurs.

Comme la série des roues du train est entièrement indépendante des roues motrices, il est évident que ces machines franchissent sans difficulté toutes les courbes que permet l'écartement des essieux moteurs, qui est ici $2^m,50$ d'axe en axe. Ces locomotives n'ont pas de tender, elles portent leur provision de charbon et d'eau dans des soutes placées sur les deux côtés de la machine, afin de charger convenablement les roues motrices, et en outre de

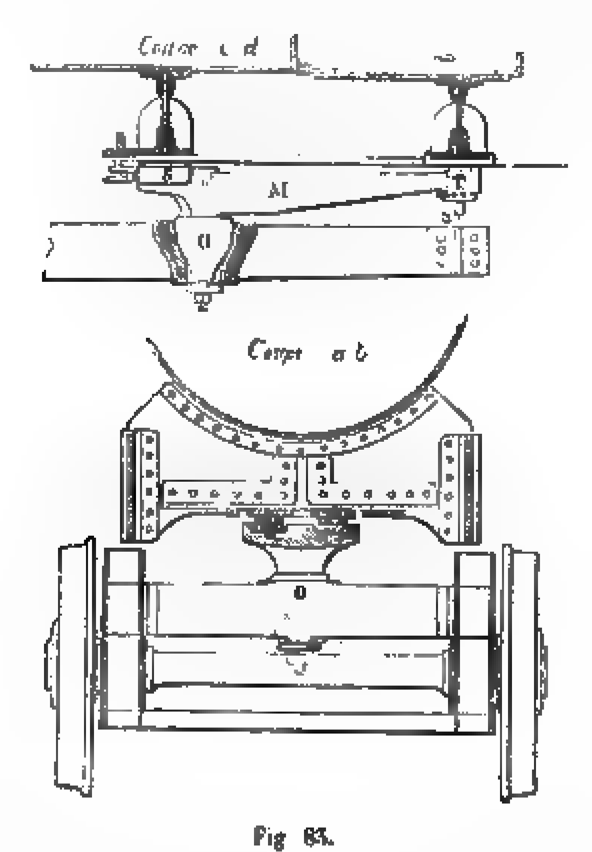


Fig 63.

réduire le poids mort, ce qui est d'une grande importance pour les fortes rampes. Ces machines pèsent en marche, avec la totalité des provisions, 45,000 kilogrammes.

La charge moyenne sur les rails des quatre roues motrices est de 25 tonnes, et des quatre roues du train 17 tonnes. Ces locomotives ont des foyers Belpaire pour brûler le charbon menu.

La distribution de vapeur à expansion variable est du système Fischer et Walchaerts. Les deux pompes alimentaires sont commandées par les deux excentriques de distribution de vapeur, outre ces pompes, il y a un injecteur Giffard de 100 chevaux.

Voici les dimensions principales de ces machines.

Diamètre des cylindres.	0m,40
Course des pistons.	0 61
Diamètre des quatre roues motrices. .	1 68
— — du train universel	0 90
Écartement des essieux moteurs.	2 30
— — du train. . . .	1 40
— — extrêmes d'axe en axe .	5 60
Longueur du foyer.	2 40
Hauteur	0 95
Largeur.	1 14
Grille. Longueur.	2 30
Largeur.	1 11
Diamètre du corps cylindrique de la chaudière . .	1 30
Longueur	3 30
Nombre des tubes.	200
Longueur.	3 42
Diamètre extérieur. . .	0 050
Surface de chauffe du foyer. .	9mq,80
— des tubes	107 45
Surface totale.	117 25
Contenance des soutes à eau.	4,500 litres.
— — à charbon	1,500 kil

DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES A VAINCRE SUR LES CHEMINS DE FER.

Résistance à la traction. — Les éléments de la résistance opposée au mouvement de la locomotive sur un chemin de fer sont :

1° La résistance normale due au frottement des wagons sur les fusées d'essieux et au pourtour des roues;

2° La résistance normale due à l'action de l'air en temps de calme parfait sur les wagons ;

3° Les résistances accidentelles occasionnées par la courbure de la voie ;

4° Les résistances accidentelles occasionnées par l'action du vent, les déformations de la voie, etc.;

5° La résistance propre à la machine et à son tender occasionnée par leur frottement sur les essieux et au pourtour des roues, et la résistance occasionnée par le frottement des différentes pièces du mécanisme de la machine.

Nous avons, chapitre XV, résumé les expériences faites pour déterminer les résistances propres aux wagons et au tender ou à la machine considérée comme véhicule, et nous avons fait connaître chapitre XVI celles qui ont eu pour objet la détermination de la résistance produite par le frottement du mécanisme de la machine.

Résistance en plaine et en ligne droite. — En se reportant au chapitre XV on trouve que la résistance due au frottement des wagons en alignement à de petites vitesses est, d'après M. de Pambourg de 1/373 = 2 kilog. 90 par tonne de 1000 kilog. non compris la résistance de l'air peu importante à de faibles vitesses.

Que MM. Gouin et Lechatelier ont trouvé pour la même résistance à la vitesse de 25 kilomètres environ 3 kil. 00.

— 60 kilomètres — 8 50.

Que M. Polonceau indique pour le chiffre de la résistance également en palier et en alignement à la vitesse de 25 kilomètres par heure 3 kil. 20.

Enfin M. Vuillemin, ingénieur en chef de la traction au chemin de fer de l'Est, a trouvé dans de courtes expériences un chiffre qui diffère peu de celui de M. Polonceau.

MM. de Pambourg, Gouin et Lechatelier, ainsi que MM. Polonceau et Vuillemin, ont opéré avec des wagons graissés à la graisse. M Polonceau appréciant l'influence du graissage à l'huile a reconnu que 35 wagons graissés à la graisse équivalaient comme résistance à 45 wagons graissés à l'huile.

Il s'ensuit que le graissage à l huile étant substitué au graissage à la graisse, la résistance dans les expériences de M. Polonceau se seraient réduites à 2 kil. 50.

M. Forquenot enfin, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, à la suite d'expériences multipliées faites avec le plus grand soin a trouvé, qu'avec des wagons graissés à l'huile, la résistance était de :

2 kil.	25	par t. à la vitesse de		25 kil.	par h.	pour 30 à 42 wagons
2	50	—	—	30	—	
3	00	—	—	40	—	pour 16 à 18 —
4	60		—	60	—	pour 10 à 12 —

Dans les expériences de MM. Gouin et Lechatelier de 7 à 8.

Dans celles de M. Polonceau de 15 à 16.

Le chiffre de la résistance en plaine et en alignement à de petites vitesses donné par M. de Pambourg, bien que cet ingénieur ait opéré avec des wagons d'une autre construction que les wagons actuels, diffère peu de ceux indiqués par MM. Gouin, Lechatelier et Polonceau.

Ces chiffres sont au contraire sensiblement différents du chiffre fourni par la compagnie d'Orléans (2 kil. 25). Cela tient au mode de graissage et peut-être à une autre cause encore comme le serait par exemple le mode de construction du matériel, car, d'après les expériences de M Polonceau, l'influence du graissage à l'huile ne devrait pas être tout à fait aussi grande.

La divergence pour les grandes vitesses entre MM. Gouin, Lechatelier et Forquenot est considérable. La différence dans le mode de

graissage est loin de suffire pour l'expliquer. Le chiffre de M. Forquenot parait d'ailleurs faible à tous les ingénieurs de nos grandes lignes que nous avons consultés. La plupart admettent, pour des vitesses de 60 kilom., une résistance de 6 1/2 à 7 kilog., et, pour des vitesses de 80 à 90 kilom., ils supposent que la résistance pourrait atteindre de 8 à 10 kilog. Toutefois nous ne saurions contester l'exactitude des résultats obtenus par M. Forquenot. M. Forquenot déclare que les charges trainées par les machines du chemin d'Orléans comparées à leur travail calculé le confirment; mais il faut les considérer comme des limites inférieures, et il ne serait pas prudent de s'en servir comme base pour déterminer la charge habituelle des machines, car une machime en marche doit toujours disposer d'un excès de force pour vaincre les résistances accidentelles qui peuvent se manifester, telles que celles occasionnées par l'action du vent, les imperfections de la voie, etc. M. Flachat, pour la résistance en plaine et en alignement à de petites vitesses, ne croit pas sage de descendre au-dessus du chiffre 4 kilogr.

Si l'accroissement de résistance occasionnée par le passage d'un certain degré de vitesse à un degré plus élevé n'était dû qu'à l'influence de l'air, il ne serait pas aussi grand que les expériences l'indiquent. Cela résulte d'observations faites au chemin d'Orléans, mais il y a d'autres causes que l'action de l'air contribuant à augmenter la résistance : de ce nombre sont les imperfections de la voie, le mouvement de lacet, etc.

Au chemin de fer de l'Est on a fait un grand nombre d'expériences dans le but de comparer le graissage avec la graisse au graissage avec l'huile. On s'est servi dans ces expériences de la boite à huile de M. Dietz remplie d'huile fraiche. Le nombre des wagons a été constamment de 26.

En été, le rapport entre la résistance à la traction avec graissage à la graisse à la résistance avec graissage à l'huile a été de 1.28.

En automne, 1.34.

En hiver 1.35.

M. Polonceau a trouvé en moyenne 1.30.

On peut dire par conséquent que les expériences faites à l'Est et à Orléans concordent sensiblement.

A l'Est, on a cherché aussi à constater la résistance au moment du démarrage, et on a trouvé que la résistance avec l'huile étant prise pour unité, celle avec la graisse était une 1 1/2 fois plus grande. Ce qui ne doit pas étonner, parce que l'huile étant liquide lubrifie la fusée dès le moment du départ, tandis que la graisse n'agit que lorsqu'elle s'est réchauffée par le mouvement de la roue.

De nouvelles expériences faites au chemin d'Orléans et au chemin de l'Est ont confirmé les chiffres trouvés par M. Polonceau pour la résistance et la traction du matériel chargé et du matériel vide (voyez t. III, p. 426).

Influence de la pente sur la résistance. — Il résulterait d'expériences faites par M. Polonceau et relatées pages 421 du IIIe volume, que la résistance n'augmenterait pas exactement de 1 kilog. par millimètre d'inclinaison, comme on l'avait toujours supposé, puisque la différence entre la résistance en pente et sur une rampe de 1 millimètre n'avait été que de 0^{m}90.

Cela est vrai et a été confirmé par des expériences faites au chemin de fer de l'Est si l'on opère en alignement, parce que sur les rampes les attelages sont mieux tendus qu'en plaine et que par suite le mouvement du lacet est plus faible. Mais au chemin d'Orléans on a constaté que si la voie est courbe, la courbure et la vitesse étant les mêmes sur la rampe qu'en alignement, la résistance augmente sensiblement de 1 kilog. par millimètre d'inclinaison. Dans ce cas l'influence du mouvement de lacet est annulée ou à peu près.

Influence de la courbure sur la résistance. — M. Forquenot, constatant l'influence de la courbure sur la résistance, a trouvé que pour un train de 40 voitures marchant à la vitesse de 25 kilom. par heure, l'augmentation de résistance était dans une courbe de

	1000 mètres de rayon de		0 kil.	35
de	500 —	—	1	40
de	300 —	—	3	90.

Pour un train de 12 voitures marchant à la vitesse de 50 millimètres par heure, l'augmentation de résistance serait :

En courbe de	1000 mètres de		0 kil.	40.
—	500	—	1	50.
	300	—	4	10.

THÉORIE DE LA PUISSANCE ET DE LA RÉSISTANCE DES LOCOMOTIVES

Généralités. — La puissance d'une locomotive dépend essentiellement de sa production de vapeur, dans un temps donné à une pression donnée.

Expériences de M. Forquenot. — M. Forquenot a constaté la puissance de vaporisation par mètre carré de surface de chauffe *moyenne* (par rayonnement ou par contact) des machines du chemin d'Orléans, et il est arrivé aux résultats suivants :

1° Une machine étant donnée, son pouvoir de vaporisation croît avec la vitesse de marche de cette machine.

Autrement dit, le poids de vapeur qu'elle produit par heure et par surface de chauffe totale, poids mesuré par la dépense des cylindres, augmente d'une quantité notable quand la vitesse augmente.

2° Les machines à grande vitesse, ayant leur charge normale, sont susceptibles de produire, par heure et par mètre carré de surface de chauffe, des quantités de vapeur beaucoup plus considérables que les machines à marchandises dont la vitesse est faible.

3° En appelant limite de production celle qu'une machine peut atteindre non accidentellement, mais pendant quelques kilomètres au moins, il est constaté que, pour les machines à marchandises, cette limite est d'environ 25 à 26 kilog. de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe à une vitesse de 25 kilomètres par heure.

Pour les machines à voyageurs marchant à 40 ou 45 kilomètres, on peut compter sur une production de 30 kilog.

Pour les machines à grande vitesse, la limite de production à la vitesse de 70 kilom., est représentée par 38 kilog.

Expériences de M. Petiet et Nozo. — Au chemin du Nord on nous a donné des chiffres un peu plus faibles pour les machines à voyageurs et à marchandises; mais pour des machines Crampton parcourant 76 kilom. par heure, on compte 50 kilog. par mètre carré et par heure.

Au chemin de fer du Nord, M. Nozo, sous la direction de M. Petiet, a essayé de se rendre compte de la production relative de la surface de chauffe par rayonnement et de celle par contact. La note suivante qui nous a été obligeamment communiquée, résume les expériences qu'il a faites.

« L'appareil qui a servi dans ces expériences, se compose d'une chaudière tubulaire ordinaire divisée en cinq compartiments distincts, chacun ayant un appareil d'alimentation spécial et une soupape de sûreté laissant échapper la vapeur à la même pression. Au moyen de l'eau d'alimentation, on arrive à connaître la quantité vaporisée dans chaque compartiment. — Un jet de vapeur distinct produit le tirage voulu, qui est ainsi variable à volonté. Un anémomètre placé à la grille indique la vitesse du vent et par conséquent la dépression.

« Voici les dimensions de chaque surface de chauffe partielle :

Le premier compartiment se compose du foyer et de $0^m,10$ de tubes donnant une surface de $7^{m2},14$.

Chacun des autres compartiments a une surface tubulaire de $16^{m2},62$, donnant un total pour toute la chaudière de $73^{m2}, 62$.

Les expériences ont été faites avec des dépressions produisant le tirage de 2 centimètres d'eau jusqu à 10. Ces chiffres indiquent les cas extrêmes, la dépression de 10 centimètres correspondant à peu près à la marche normale d'une locomotive.

Voici les résultats de ces expériences.

NUMÉRO du COMPARTIMENT	PROPORTION DE VAPEUR PRODUITE PAR RAPPORT A LA TOTALITÉ.		PROPORTION DE VAPEUR PRODUITE PAR MÈTRE CARRÉ.	PROPORTION DE VAPEUR PRODUITE PAR MÈTRE CARRÉ DE TUBES, CELLE DU FOYER ÉTANT = 1.	
A. — AVEC 2 CENTIMÈTRES DE DÉPRESSION.					
1. . . .	0,454		0,0636	1	
2. . . .	0,302		0,0182	0,286	
3. . . .	0,133	0 546	0,0080	0,126	Moyenne, 0,129
4. . . .	0,070		0,0042	0,060	
5. . . .	0,041		0,0025	0,039	
	1,000				
B. — AVEC 10 CENTIMÈTRES DE DÉPRESSION.					
1. . . .	0,300		0,0420	1	
2. . . .	0,330		0,0198	0,471	
3. . . .	0,170	0,700	0,0102	0,243	Moyenne, 0,25.
4. . . .	0,112		0,0067	0 150	
5. . . .	0,088		0,0053	0 126	

La dernière moyenne indiquée ci-contre montre que dans le premier cas 8 mètres carrés de tubes équivalent à peu près à 1 1^{m^2} de foyer. Dans le second cas au contraire 4 mètres carrés de tubes équivaudraient à 1 mètre de foyer.

On a observé que la houille employée comme combustible donnait des résultats différents de ceux obtenus avec le coke. La proportion de vapeur fournie par les tubes est plus grande dans le cas de la houille. Les gaz paraissent emporter la chaleur plus loin, mais il nous semble que le pouvoir rayonnant supérieur du coke explique suffisamment à lui seul la différence.

Conditions d'établissement des cheminées de locomotives. — MM. Nozo et Geoffroy ont également fait, sous la direction de M. Petiet, des expériences ayant pour but de rechercher les conditions à remplir dans l'établissement des échappements et des cheminées des locomotives, pour obtenir le plus grand tirage possible avec la plus faible contre-pression dans les cylindres.

Des recherches faites directement sur une machine avaient présenté de très-grandes difficultés. On a donc été conduit à employer des appareils de dimensions réduites, dont il était plus facile de faire varier les éléments dans des limites étendues.

M. Gustave Zeuner, le savant professeur de l'École polytechnique de Zurich, dont l'habileté comme algébriste est appréciée de tous les hommes compétents, a cherché à atteindre le même but au moyen d'expériences faites également en se servant d'un appareil spécial, de petites dimensions, et en déduisant des conséquences par le calcul. Les bases posées par M. Zeuner ne nous paraissant pas à l'abri de toute objection, et les résultats qu'il déduit de son travail ne nous semblant pas complétement d'accord avec ceux de la pratique, nous nous abstiendrons d'analyser son mémoire, et nous renverrons le lecteur à la traduction qui en a été donnée dans les *Annales des mines*, tome V, en 1864, par M. Piron, ingénieur au corps impérial des mines.

Quant au travail de MM. Nozo et Geoffroy, en voici le résumé. Ces messieurs regardent comme démontrés par leurs expériences les faits qui suivent :

1° Une cheminée de section quelconque, essayée avec une section de passage, une section d'échappement et une pression de vapeur donnée, doit avoir, pour produire son maximum d'effet, une longueur égale à six ou huit fois le diamètre environ ; une plus grande longueur n'a plus qu'une faible influence.

2° L'embase conique placée à la partie inférieure de la cheminée paraît sans influence sensible sur le tirage.

3° Une cheminée, de longueur convenable, peut pénétrer dans l'intérieur de la boîte à fumée jusqu'au plan supérieur de l'arrivée d'air, en supposant que l'échappement descende en même temps que la cheminée, sans que le tirage en soit influencé. Mais passé cette limite, si l'on descend la cheminée jusque dans le courant d'arrivée de fumée, le tirage diminue sensiblement.

4° Lorsque la cheminée a une longueur suffisante, c'est-à-dire de six à huit fois son diamètre, la distance de l'échappement à l'entrée de la cheminée est sans influence sensible lorsque cette distance ne dépasse pas une fois et demie environ le diamètre de la cheminée ; au delà de cette limite, le tirage diminue très-rapidement.

La pénétration de l'échappement dans la cheminée ne paraît pas avoir d'influence très-nuisible tant que l'on conserve à la cheminée

la longueur convenable, mesurée depuis l'orifice d'échappement

5° Pour une combinaison donnée de section de passage, de section d'échappement et de vitesse de sortie de la vapeur, il y a une section de cheminée qui fait produire à cette combinaison le maximum d'appel, la cheminée étant supposée avoir une longueur de six à huit fois son diamètre.

6° Avec une même section de passage ou un même obstacle, si la section de l'échappement ne varie que du simple au double, quelle que soit la vitesse de sortie de la vapeur, on peut dire que c'est toujours la même cheminée qui, pour chaque cas, fera produire le maximum d'appel.

7° Une cheminée ordinaire de section donnée, et un échappement de section aussi donné, peuvent être remplacés, jusqu'à un certain point, par une cheminée multiple et un échappement multiple, de sections respectivement équivalentes; la cheminée ordinaire étant supposée avoir une longueur égale, six ou huit fois le diamètre, pour produire son maximum d'effet, et la cheminée multiple une longueur égale seulement à six ou huit fois le diamètre des cheminées partielles. Pour une même pression de vapeur, les deux cheminées appelleront sensiblement des quantités d'air égales à travers un obstacle donné.

Adhérence des locomotives. — La charge qu'une locomotive peut trainer en vertu de son adhérence varie suivant l'état des rails.

Au chemin de fer d'Orléans, on a constaté :

1° Qu'en service ordinaire, on ne saurait dépasser, en marche, le coefficient maximum de 0,16, quoique, au démarrage, on puisse atteindre parfois 0,24.

2° Que sur rails gras, le coefficient d'adhérence peut descendre à 0,08.

3° Qu'il convient de calculer les charges à remorquer en temps ordinaire sec en fonction du coefficient 0,14.

Nous avons vu qu'au chemin de Saint-Étienne (tome IV, p. 182), on ne comptait pour l'adhérence moyenne des trains que 0,125, pour l'adhérence maxima 0,150, et pour l'adhérence minima que 0,100.

M. Flachat fait observer avec raison qu'au passage des hautes

montagnes, sous l'influence de circonstances climatériques, il ne faudrait pas, surtout au démarrage, compter sur la même adhérence que dans les pays médiocrement accidentés. Nous avons fait connaître (t. III, p. 600) le moyen qu'il propose pour augmenter l'adhérence disponible.

En Amérique, on ne parvient à remonter de fortes rampes qu'avec des projections abondantes de sable.

Lorsque, anciennement, les machines étaient plus lourdes qu'elles ne le sont aujourd'hui, eu égard à leur puissance, on pouvait dire avec raison que l'adhérence ne leur faisait jamais défaut. Aujourd'hui, pour les machines marchant à de petites vitesses et remorquant des trains considérables, on manque quelquefois d'adhérence. Les mécaniciens sont alors autorisés à pousser le train au départ.

En Belgique, la machine qui pousse le train n'est pas attelée; elle laisse filer le train au bout de un ou deux kilomètres, lorsqu'il a acquis sa vitesse normale, et revient sur ses pas à contre-voie. En France, les règlements imposent la condition d'atteler la machine de queue aussi bien que celle de tête. On ne la détache alors du train que dans le voisinage d'un changement de voie, afin d'éviter la marche à contre-voie.

A de grandes vitesses, avec des charges faibles, il y a généralement excès d'adhérence.

Résistances propres à la machine.— Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus par M. Forquenot dans une série d'expériences faites pour déterminer le frottement occasionné par le mécanisme d'une machine à huit roues accouplées, exerçant un effort considérable.

Observation. — Dans ces expériences, l'admission de vapeur était de 56 pour 100, excepté en rampes de 12,50, où elle était de 45 pour 100. Ces deux conditions représentent à peu près le maximum de travail que les machines 901 à 915 peuvent développer en service normal. On peut avoir une grande confiance dans le chiffre 20 kilogrammes par tonne, qui exprime la valeur des frottements du mécanisme, déduite d'une série de résultats sensiblement constants

Ainsi le frottement total des machines à huit roues accouplées, accomplissant leur travail maximum, serait d'environ 900 kilogrammes.

Quant à ce qui est des machines à voyageurs, il est beaucoup plus difficile d'évaluer la force des frottements, attendu qu'ils varient notablement avec la vitesse, et que les diagrammes de l'indicateur de Watt donnent dans ce cas une loi et des moyennes beaucoup moins accusées que dans les machines à marchandises.

Cependant il a été constaté au chemin d'Orléans que dans les machines à grande vitesse, modèles Polonceau et Forquenot, l'effort absorbé par les frottements est de 400 à 600 kilogrammes.

Machines 001 à 013, à 8 r. coupl. { Poids de la machine 44 t / Poids du tender . . 16 t } Total 60 t

PROFIL.	VITESSE EN KILOMÈTRES	EFFORT ACCUSÉ PAR LES DIAGRAMMES	EFFORT DU DYNAMOMÈTRE		POIDS DU TRAIN REMORQUÉ	EFFORT TOTAL ABSORBÉ PAR LA MACHINE ET LE TENDER	EFFORT POUR REMORQUER LES 60 T DE MACHINE ET DE TENDER COMME TRAIN	FROTTEMENT DU MÉCANISME DE LA MACHINE		MOYENNE
			TOTAL	PAR TONNE				TOTAL	PAR TONNE	
		kil	kil	kil	t	kil	kil	kil	kil	kil
Rampes 10, c. 500 m	17	7,070	5,420	12 90	420	1,650	774	876	20 00	
	18	6.907	5,200	12 80	406	1,707	708	999	21 50	
	14	7 275	5,600	12 72	440	1,675	763	912	20,70	2
Rampes 12,5, c. 500 m	20	6,115	4,475	15 17	295	1,640	854 tender vide.	800	18 50	
Rampes 16, c. 500 m.	15	7,155	5.310	18 00	295	1,845	990 tender vide	855	19 40	

Rappelons les résultats obtenus par d'autres expérimentateurs, et que nous avons consignés dans notre troisième volume. Ils se trouvent résumés dans le tableau suivant, où nous les avons mis en regard avec ceux du tableau de M. Forquenot et les chiffres de quelques expériences faites au chemin de l'Est par M. Dieudonné sous la direction de M. Vuillemin.

RÉSISTANCE PROPRE DES LOCOMOTIVES — RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES FAITES JUSQU'A CE JOUR

NOMS DES AUTEURS DES EXPÉRIENCES	ESPÈCE de MACHINE.	POIDS DE LA MACHINE SEULE.	POIDS DE LA MACHINE ET DU TENDER.	POIDS BRUT DU TRAIN (moteur compris)	RAMPE.	VITESSE A L'HEURE.	RÉSISTANCE DU MOTEUR — ABSOLUE.	RÉSISTANCE DU MOTEUR — CORRIGÉE DE LA GRAVITÉ.	RÉSISTANCE DU MOTEUR PAR TONNE DU MOTEUR APRÈS CORRECTION DE LA GRAVITÉ — POUR LE ROULEMENT	— FROTTEMENT SANS VAPEUR.	— FROTTEMENT AVEC VAPEUR.	— TOTALE	RAPPORT DE LA RÉSISTANCE DU MOTEUR A LA RÉSISTANCE TOTALE	RÉSISTANCE PAR TONNE DU TRAIN BRUT — ABSOLUE.	— APRÈS CORRECT. DE LA GRAVITÉ
		t	t	t			kil.	kil	kil	kil	kil.	kil		kil.	kil.
De Pambourg. . .	4 r. libres de 1m,50.	8	»	8	Palier.	4 à 5 kilom	47	47	3 14	2,75	»	5,80	1,00	»	»
Id.	Id.	8	»	48	11 mill	25 kilom	244	156	3,14	2,75	15,61	10,50	0,50	16,90	5,00
Id	4 r coupl de 1m,52.	11	»	11	Palier	4 à 5 kilom.	16	61	3 14	2,40	16,80	5,54	1,00	»	»
Id	Id.	11	»	51	11 mill.	25 kilom.	367	240	3,14	2,40	»	22,54	0,39	18,30	7,30
Gouin, Lechatelier.	Id.	»	26	26	Palier.	28 —	»	»	»	»	»	*11,63	1,00	»	»
Kinnear-Clark. . .	Id.	»	»	»	id	25 —	»	»	»	»	»	»	»	4,12	4,12
Id.	Id.	»	»	»	id.	40 —	»	»	»	»	»	»	»	4.90	4 90
Polonceau. . . .	6 r. coupl de 1m,25.	31	46	166	id	28 —	244	244	»	»	»	7,84	0,40	4,40	4,40
Id.	Id	31	46	166	5 mill.	20 —	677	584	»	»	»	18 70	0,50	9,31	6,31
Id	Id.	31	46	166	3 mill. 1/2	23 —	692	583		»	»	18,80	0,50	9,58	6,08
Id.	Id.	31	46	166	6 mill. 1/2	24 —	687	485	»	»	»	15,00	0,41	12,2.	5,74
Id	Id.	31	46	166	8 mill	25 —	807	640	»	»	»	20 70	0 40	15 20	5,20
Forquenot. . . .	8 r coupl. de 1m,10	44	16	480	10 —	17 —	1,445	1,003	»	»	»	22.70	0,25	14,00	4,60
Id.	Id.	44	16	466	10 —	18 —	1 502	1,062	»	»	»	24.00	0,24	14,80	4,80
Id.	Id	44	16	500	10 —	14 —	1,472	1 032	»	»	»	25 30	0,23	14,50	4,50
Id.	Id.	44	10	355	12 mill. 1/2	20 —	1,398	848	»	»	»	10,20	0,27	17,20	4,70
Id	Id	44	10	355	10 mill	15 —	1 550	855	»	»	»	19,40	0,26	20,20	4,20
Vuillemin. . . .	6 r. coupl. de 1m,30.	50	»	»	Palier.	25 —	»	»	»	»	»	11 50	»	»	»
Id	4 r coupl de 1m,70.	50	50	»	id	25 —	»	»	»	»	»	*0,10	»	»	»
Id.	Id	50	50	»	id.	50 —	»	»	»	»	»	*7,50	»	»	»

NOTE — Sauf les trois chiffres marqués par une astérisque la résistance est calculée pour la machine sans le tender.

En étudiant ce tableau, on remarque : 1° que les résultats obtenus par M. de Pambourg ne diffèrent pas beaucoup de ceux obtenus par MM. Polonceau et Forquenot, puisque la résistance par tonne des plus anciennes machines était à peu près la même que celle des machines actuelles, pourvu que les unes et les autres travaillassent à une charge voisine de leur charge limite ; ce qui n'avait lieu, pour les machines Polonceau, que sur les pentes de huit millimètres.

2° Qu'un premier chiffre obtenu, pour la résistance par tonne, par M. Polonceau, est faible, parce que l'effort exercé, loin de se rapprocher de l'effort limite, est très-faible.

3° Que la résistance pour certaines machines, dans les expériences de M. de Pambourg et dans celles de M. Dieudonné, a été relativement faible ; mais que cela n'a rien d'étonnant, ces machines ne remorquant aucune charge et n'ayant à vaincre par conséquent que leurs propres frottements.

Le frottement sur les fusées et au pourtour des roues a été calculé pour les machines et les tenders comme on le calcule pour les wagons. On objectera peut-être que ces conditions ne sont pas exactement les mêmes pour les machines que pour les wagons, les fusées et les roues étant de diamètres différents. Au chemin d'Orléans, on a supprimé tout le mécanisme d'une machine, et on a mesuré les frottements au dynamomètre : le résultat a été le même que pour tout autre véhicule.

Calcul de la puissance des machines d'après la formule de M. Lechatelier. — Nous avons fait observer, page 333, que si l'on se rendait compte de la charge remorquée par les machines à marchandises, 0,1 à 0,62, calculée d'après la formule de M. Lechatelier, et indiquée dans des tableaux, pages suivantes, on trouvait que la charge réelle excédait très-sensiblement la charge calculée ; et nous avons ajouté que cela tenait à ce que ces machines étant déjà anciennes, on ne craignait pas de les soumettre à une fatigue excessive.

Cette raison ne serait pas la seule, et peut-être même ne serait pas la véritable. En voici une nouvelle.

La formule employée ne tient compte que des dimensions prin-

cipales du mécanisme, et non pas l'adhérence. Or, la considération de l'adhérence est essentielle dans l'établissement des charges pratiques.

Si nous comparons les machines 0,1 à 0,32 aux machines 0,63 à 0,107, nous voyons que le rapport des charges déterminées par la formule est $\frac{546}{359} = 1,53$. Or, l'adhérence du type 0,63 à 0,107 n'est supérieure que dans le rapport de $\frac{27.000}{24.000} = 1,12$. On conçoit donc que le type 0,63 à 0,107 pouvait manquer d'adhérence si sa charge était calculée par rapport à la charge du type 0,1 à 0,32, seulement d'après les dimensions des cylindres et la pression sur les pistons.

Autrement dit, la charge de certaines machines est limitée plutôt par la production que par l'adhérence ; ce serait le cas du type 0,1 à 0,32. La charge d'autres machines est limitée plutôt par l'adhérence que par la production ; ce serait le cas du type 0, 63 à 0,107.

De là les différences qui s'observent entre les charges pratiques et les charges calculées par la formule de M. Lechatelier.

Résumé et conclusions. — Nous avons indiqué les résultats d'expériences faites par différents ingénieurs depuis l'origine des chemins de fer, dans le but de déterminer la résistance des wagons à la traction, les résistances propres à la machine elle-même, la production de la vapeur des machines, etc. On remarque trop souvent entre ces résultats des divergences qu'il est difficile d'expliquer. Cela tient sans doute à ce que les expériences ont été faites dans des conditions différentes dont on ne se rend pas suffisamment compte. Ainsi il est évident que si l'on veut comparer la résistance des wagons à la traction, il ne suffit pas de dire que le graissage s'est fait avec de la graisse ou avec de l'huile ; il serait convenable de faire connaître en outre la nature de la graisse ou de l'huile employées. La longueur des convois, les dimensions des roues et des fusées, le mode de construction des caisses, etc., etc., sont aussi des circonstances qui peuvent influer sensiblement sur le tirage, et qui ne sont pas toujours indiquées.

Pour les locomotives, on ne donne généralement qu'une description trop sommaire, trop incomplète de la machine. Il est donc fort

à désirer qu'il soit fait sur une grande échelle de nouvelles expériences, ayant pour objet de résoudre aussi exactement que possible le problème de la puissance des locomotives et de la résistance qu'elle doit vaincre *dans des conditions bien déterminées.*

Plusieurs Compagnies, celles d'Orléans, du Nord et de l'Est, par exemple, ont entrepris ces expériences; mais elles n'ont pu jusqu'à présent, malgré leurs efforts et le talent de leurs ingénieurs, obtenir des résultats suffisamment concluants : c'est que des expériences de cette nature ne sont pas aussi faciles que celles que l'on fait dans un cabinet, c'est qu'elles exigent beaucoup de temps, beaucoup d'intelligence, et même une dépense en argent souvent considérable. Espérons toutefois que bientôt les ingénieurs de nos grandes Compagnies seront en mesure de livrer à la publicité d'importants documents sur ces questions. Nous nous empresserons alors de les publier *dans un appendice spécial.*

Déjà MM. Forquenot, Petiet et Vuillemin nous ont fourni quelques données dont nous avons enrichi le quatrième volume de cette troisième édition du *Traité élémentaire;* mais ils nous promettent des résultats plus complets.

Pendant longtemps nous avons voulu entrer également en lice et contribuer aux progrès de la science par des expériences personnelles; mais le temps nous a toujours fait défaut. Trop âgé maintenant pour réaliser ce projet, et désireux toutefois de prendre au moins une part indirecte à ce grand travail, nous avons fondé un prix de *deux mille francs* à donner, dans deux ans environ, à l'auteur des meilleures expériences faites pour éclaircir la théorie de la locomotion. Le prix sera décerné par une commission de la Société des Ingénieurs civils de Paris dont nous avons l'honneur d'être président honoraire, commission dont seront naturellement exclus les membres de la société qui auront jugé à propos de concourir. Les mémoires de MM. les ingénieurs étrangers seront admis aussi bien que ceux de MM. les ingénieurs français. Voici quel est le programme arrêté par la société :

Programme d'expériences à faire. — Déterminer, par des expériences multipliées, la résistance des véhicules et des machines locomotives à la traction sur chemin de fer, en tenant compte de

toutes les circonstances qui peuvent les modifier, telles que : l'état des rails, des véhicules et des machines ; l'intensité et la direction du vent ; la surface des wagons, la longueur des trains ; les dimensions des fusées et des roues ; l écartement des roues ; la nature de la graisse ou de l'huile employée ; la température, le mode d'attelage, le mode de chargement ; le système de construction des machines ; les frottements du mécanisme, l'accouplement des roues, l'échappement et le tirage, les pentes et les courbes, etc.

Déterminer séparément l'influence due à chacune des circonstances ci-dessus mentionnées.

Analyser les causes qui, dans les courbes, modifient la résistance, soit pour un véhicule isolé, soit pour une série de véhicules, contrôler le raisonnement par l'expérience.

Trouver par l'expérience une formule pratique pour calculer la charge que peut traîner une machine locomotive de forme et de dimensions connues, en tenant compte de l'adhérence et des autres conditions importantes.

Étudier les circonstances qui modifient la production de la vapeur par mètre carré de surface de chauffe, telles que : la position des parois par rapport au foyer ; l'épaisseur des tôles ; l'écartement des tubes, etc., etc.

Déterminer les résistances opposées au passage de la vapeur de la chaudière dans la boîte du tiroir, et de celle-ci dans le cylindre : déterminer la différence de pression de la vapeur dans la chaudière et dans le cylindre dans différentes conditions.

Rechercher l'influence de l'eau entraînée avec la vapeur sur ces différences de pression.

Examiner les causes qui influent sur la contre pression.

Déterminer l'influence sur le tirage des dimensions de l'orifice d'échappement, de la pression et de la vitesse de sortie de la vapeur, et des dimensions de la cheminée.

Examiner les résistances qu'éprouve l'air dans son passage du foyer à la cheminée.

Conditions générales du concours. — 1° Les mémoires et dessins destinés au concours seront adressés au secrétariat de la Société des Ingénieurs civils, rue de Buffault, n° 26, à Paris.

Ils devront être remis avant le 1er mai 1867 ; ce terme est de rigueur.

2° Les mémoires seront écrits en français, et toutes les mesures devront être indiquées d'après les unités du système métrique.

3° Les mémoires seront examinés par une commission composée du président alors en exercice de la Société des Ingénieurs civils et de huit membres spécialement élus dans la séance générale de décembre 1866.

4° Les membres de la commission et les vice-présidents de la Société des Ingénieurs civils pour 1867 sont seuls exclus du concours.

5° Les étrangers sont admis à concourir comme les nationaux, qu'ils fassent ou non partie de la Société des Ingénieurs civils.

6° Les mémoires reçus au 1er mai 1867 seront remis aussitôt par le président à la commission ci-dessus désignée ; elle se trouvera dès lors chargée de l'examen de ces mémoires dans la forme qui lui paraîtra la plus convenable pour le but à atteindre.

7° La commission pourra demander, si elle en reconnaît l'utilité, d'assister à quelques-unes des expériences principales énoncées par les concurrents, à l'effet d'en contrôler les résultats.

8° La commission décidera souverainement à la majorité absolue des suffrages : 1° S'il y a lieu de décerner le prix ; 2° dans l'affirmative, elle désignera celui des concurrents auquel le prix sera décerné.

9° Elle rédigera un rapport détaillé de ses opérations et de son examen des mémoires présentés. Ce rapport sera remis, avant le 1er août 1867, au comité qui aura à prendre les mesures nécessaires pour la remise du prix, ou, en cas de décision négative de la commission, pour proroger le délai du concours.

10° Le rapport de la commission sera publié *in extenso* dans les comptes rendus de la société.

11° La société se réserve expressément le droit de publier, en tout ou en partie, selon qu'il lui paraîtra convenable de le faire, les mémoires qui lui auront été présentés.

12° Elle conservera comme lui appartenant les mémoires et les dessins originaux des concurrents ; mais elle permettra aux auteurs

d'en prendre copie, elle leur rendra leurs modèles et appareils, s'il en a été produit.

13° La médaille sera remise à l'auteur ou aux auteurs du mémoire auquel le prix aura été accordé, sans que la valeur en puisse, pour aucune raison, être partagée entre plusieurs des mémoires présentés au concours.

NOTES SUR LE PONT DE LA VISTULE A VARSOVIE ET SUR LE CHEMIN DE BILBAO A TUDELA

Nous avons reçu trop tard pour pouvoir les insérer à leur place les deux notes suivantes, que nous reproduisons néanmoins à cause de l'intérêt qu'elles présentent. La première note nous a été fournie par le général Kerbedz, l'un des ingénieurs les plus distingués de la Russie, auteur lui-même du magnifique pont sur la Vistule, et l'autre par M. Cypriano Monteccino, ancien élève de l'École centrale, ancien directeur général des ponts et chaussées d'Espagne et directeur actuel du chemin de Bilbao à Tudela.

Pont sur la Vistule. — Ce pont, long de 475^{m},482, se compose de 6 travées en fer et porte sur deux culées et cinq piles. Les travées sont liées ensemble deux par deux, de manière que le pont se compose de trois parties distinctes dont les milieux reposent sur des coussinets en fonte, et les extrémités sur des rouleaux aussi en fonte, par cet arrangement chaque partie du pont peut se dilater ou se comprimer, suivant l'action de la température.

Chaque travée, de 79^{m},247 de portée, est formée de deux poutres en treillis, dont les mailles carrées ont 2^{m},14 suivant la diagonale. La hauteur de la poutre est de 9^{m},019. Ces poutres sont composées de deux tables jointes par des croisillons.

Les tables supérieures et inférieures des poutres ont dans la coupe transversale la forme ┳┳, dont la largeur est de 1^{m},216 et la hauteur 0^{m},608. Les croisillons, inclinés à 45° sont composés de deux barres en fer, attachées aux parois verticales des tables. L'épaisseur des barres dans tous les croisillons est constante de 0^{m},019, mais leurs largeurs varient entre 0^{m},101 et 0^{m},456, selon le travail des croisillons.

Les deux barres dans les croisillons sont fortifiées par des cornières en fer et reliées entre elles par des croix en fer.

Le tablier dont la largeur entre les treillis est de $2^m,432$, est établi au bas des poutres. Les deux trottoirs sont en dehors des poutres en treillis, leur largeur est de $2^m,432$.

Le pavé consiste en plaques grillées en fonte, remplies de gravier et placées sur une couche de sable étendue sur des madriers en bois. On a posé sur les joints des madriers un drainage en fonte.

Le plancher des trottoirs est en bois.

Pour établir une communication entre les stations des chemins de fer de Saint-Pétersbourg et de Vienne, on posera au milieu du pont un chemin de fer à traction de cheval.

Le poids de fer dans les six travées est de 4,411,038 kil. Le poids de la fonte du pavé est de 867,267 kil. Les dimensions des parties du pont sont telles qu'il est en état de supporter deux voies de chemin de fer pour traction de locomotive.

Chaque pile est fondée sur quatre piliers en maçonnerie, les deux plus grands ont $5^m,472$ de diamètre, et les deux autres $2^m,736$. Ces piliers ont été bâtis dans des cylindres métalliques, enfoncés au moyen de l'air comprimé, dans le sol de la rivière, à la profondeur de $14^m,288$ à $16^m,416$, selon la qualité du sol, déterminée par les sondages. Ces piliers sont entourés d'une couche de béton et reliés par un grillage en fonte.

Sur cette base s'élève la pile, qui jusqu'au niveau des plus hautes eaux forme un massif avec le brise-glace, tandis qu'au-dessus de ce niveau elle se termine par deux colonnes liées par une voûte renversée. Sur ces deux colonnes reposent les poutres en treillis,

Les parements extérieurs des piles et des brise-glaces sont en granit taillé, les parties des piles qui supportent le poids du pont sont en grès taillé, et le reste de la maçonnerie de remplissage est en blocs erratiques.

La base des fondations des culées se trouve à $2^m,432$ en contre-bas de l'étiage. Les culées sont composées de murs principaux avec murs en aile de soutènement, et de deux demi-cylindres, destinés à supporter les bouts des poutres métalliques.

Les demi-cylindres et le parement extérieur de la culée sont en pierre de taille, le reste est en maçonnerie de blocs erratiques.

Au droit des culées on a construit des quais en maçonnerie, avec un parement en pierre de taille.

Il a été employé pour la construction de cet ouvrage :

463^{m},75 courants des lignes d'enceinte en pieux jointifs pour les fondations des piles et des culées.

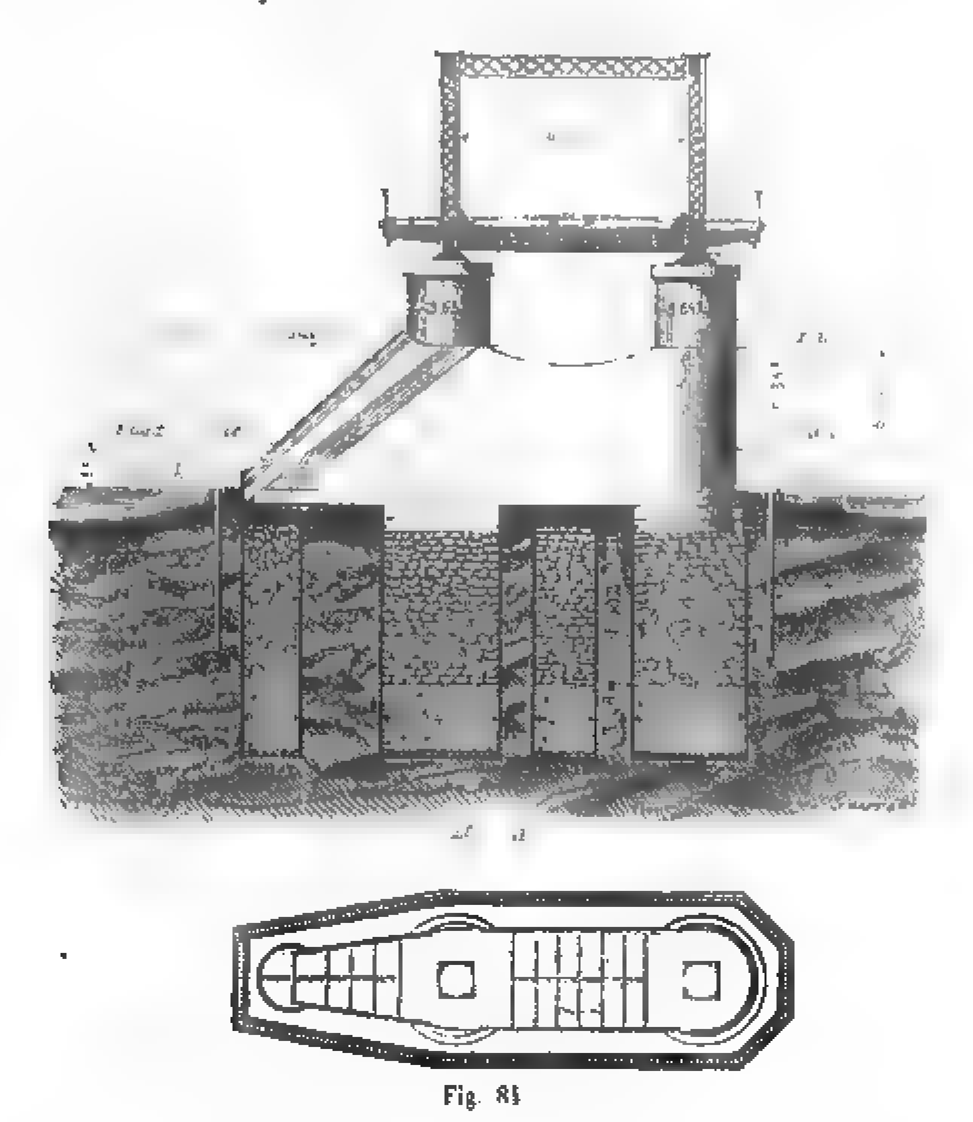


Fig. 84

2,895.83 mètres cubes de béton pour le remplissage des parties inférieures des cylindres et entre les enceintes en pieux, dans les fondations des piles et de la culée du côté de Varsovie.

7,079.21 mètres cubes de maçonnerie en blocs erratiques sur mortier de ciment, pour le remplissage des cylindres, dans les fondations et dans les parties supérieures des piles et des culées.

1,320.45 mètres cubes de maçonnerie en grès taillé dans le

corps des colonnes des piles et des demi-cylindres des culées.

2,009.36 mètres cubes de granit taillé pour les parements des brise-glaces, des piles et des culées.

Les travaux du pont ont été commencés au mois de juillet 1859, et le pont a été ouvert au public le 22 novembre 1864.

Le prix total du pont avec les quais et les abords, y compris le remblai de 8^m, de hauteur, de $822^m,68$ de longueur et de $23^m,50$ de largeur, s'élève à 11,000,000 francs.

Le pont a été projeté par M. Kerbedz, général-major du corps des ingénieurs des voies de communication, et exécuté sous sa direction par M. Chrzanowski, lieutenant-colonel au même corps.

Chemin de Bilbao à Tudela. — La ville de Bilbao, qui se trouve à quelques mètres seulement au-dessus du niveau de la mer, est située sur les bords d'une rivière des plus sinueuses, et entourée par des montagnes. Il en est résulté des difficultés qui ont nécessité le percement d'un tunnel de 960 mètres de longueur et l'adoption d'une rampe de 0,0125 par mètre sur une distance de 1,400 mètres.

A la sortie du tunnel, la ligne suit, avec des pentes de 0,0066 en moyenne, le cours de la rivière jusqu'au bassin d'Orduna, au pied des Pyrénées Cantabriques, à environ 47 kilomètres de Bilbao.

Les travaux de toute nature, sur cette section, peuvent être considérés en général comme d'une certaine importance, le principal ouvrage d'art est un viaduc en pierre de 26 mètres de hauteur au point le plus élevé, et formé de 7 arches avec voûtes en briques, de 18 mètres d'ouverture chacune.

Arrivé à la Cordillère, qu'il fallait franchir et dont la hauteur est de 654 mètres au-dessus du niveau de la mer, on a dû faire passer la ligne, sur 18 kilomètres le long de la montagne, en faisant des détours pour éviter des contre-forts, et en passant du côté gauche des vallées avec une rampe de 0,0143 ; c'est là que le chemin de fer atteint sa plus grande élévation, qui est de 627 mètres, soit 27 mètres plus bas que le sommet de la Cordillère. A ce point, la voie traverse le faîte de la montagne par un tunnel de 580 mètres de longueur.

La construction de cette section du chemin de fer a été la plus difficile et la plus coûteuse ; la nature du terrain, qui présentait une surface en pente très-roide, a exigé des travaux préparatoires pour

assurer une bonne assise aux remblais. On a, pour cela, enlevé la terre végétale ainsi qu'une couche d'argile rouge, et l'on pratiqua des gradins sur le flanc de la montagne avec conduits en pierres sèches pour la drainer.

Le plus grand remblai a 51 mètres de hauteur ; il y en a 4 autres de 26 mètres.

Pour donner une idée plus complète de l'importance de ces travaux, nous ajouterons que dans les 18 kilomètres dont il est question, il y a eu 2,200,000 mètres cubes d'excavation, la plus grande partie en rocher, et dont 335,000 mètres cubes représentent les travaux préparatoires pour recevoir les remblais. On y a exécuté 32,000 mètres cubes de maçonnerie et 7,000 mètres cubes de murs en pierres sèches.

Les travaux ont duré quatre ans, et pendant une partie du temps on y a employé journellement jusqu'à 5,000 ouvriers et 750 wagons de terrassement.

Après avoir traversé le sommet de la montagne, la ligne s'élève par des rampes de 0,049 en moyenne jusqu'à Miranda, éloignée de Bilbao de 100 kilomètres. A ce point, la voie passe par-dessous celle du chemin de fer du Nord, puis s'y joint dans une station commune aux deux lignes.

Les principaux travaux de cette section sont un pont en pierre de 20 mètres d'ouverture, situé dans la gorge de Techas, et huit ponts également en pierre sur la rivière Vayas.

De Miranda la ligne suit la vallée de l'Ebre jusqu'à Castejon, à 250 kilomètres de Bilbao, où elle s'embranche avec le chemin de fer de Pampelune à Saragosse, après avoir traversé les rivières Tiron, Nagerilla, Leza, Cidacos et Alhama par des ponts avec poutres en fer dont les travées ont 21 mètres d'ouverture et sont supportées par des piles et culées en maçonnerie.

En beaucoup d'endroits, les travaux sont très-près des bords de l'Èbre, où le terrain présente des falaises très-élevées et à pic, ce qui a rendu la construction difficile.

Les plus remarquables de ces falaises sont celles de Saint-Martin et de Saint-Grégoire.

A Saint-Martin, qui est éloigné de Bilbao de 193 kilomètres, il

existe des falaises de gypse de 100 mètres de hauteur qui formaient, avant les travaux, sur une longueur de 1,200 mètres, la rive du sud de l'Èbre, large de 110 mètres en cet endroit. La rive nord n'a pas plus de 4 mètres de hauteur au-dessus du lit du fleuve, qui passait par trois canaux ou buses dont le principal baignait le pied de la falaise de gypse sur une longueur de 1,000 mètres.

L'effet de l'eau combiné avec l'action atmosphérique détermine continuellement la chute de grandes masses qui sont ensuite emportées par les crues.

Lorsqu'on décida de faire passer la ligne par le lit du fleuve, il était évident qu'il fallait dévier le canal principal. Pour assurer le parfait succès de cette opération, sans danger pour les travaux en cours d'exécution, on commença, en juillet 1861, d'excaver le canal du milieu jusqu'à une profondeur suffisante pour recevoir l'eau qu'on se proposait de dévier, en profitant du gravier retiré pour faire le remblai de la ligne.

Lorsque tout fut disposé, on boucha le canal principal avec des fascines préparées d'avance, et l'eau passa par son nouveau lit.

Le système adopté était le suivant :

On prépara un caisson, lequel, chargé avec de grosses pierres, fut coulé à fond et fixé au moyen de pieux.

Sur celui-ci venait se placer un second, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la profondeur à l'embouchure fût assez diminuée pour permettre de placer un couronnement de saucissons en fascines servant de base au remblai et construit suivant le mode ordinaire au moyen de wagons de terrassement.

La nature fragile des terrains formant la rive dans la partie basse en amont du barrage qui vient d'être décrit, et où le fleuve forme une courbe très-prononcée, a exigé la construction d'éperons, non-seulement pour protéger les travaux neufs, mais encore pour dévier la direction du courant des eaux.

Trois de ces éperons, ainsi que cinq autres placés plus loin, se projettent de 18 à 28 mètres en avant dans le fleuve.

Le remblai est de la largeur ordinaire pour une double voie, et le talus du côté de l'eau est protégé par des banquettes formées de grosses pierres, revêtu de gazon et planté de peupliers.

Pendant l'exécution des travaux, plusieurs crues, dont l'une d'une violence extraordinaire ont fait subir aux remblais une rude épreuve, sans toutefois leur occasionner aucun dommage important.

Dans les deux années qui se sont écoulées depuis l'achèvement des travaux, ceux-ci, de même que les éperons, n'ont pas été endommagés par les crues, et l'utilité de ces éperons a été démontrée par la manière dont ils forcent le gravier à s'amonceler au pied de la banquette, obligeant ainsi le courant à se diriger vers le milieu du canal.

Les travaux de cette déviation du fleuve ont été faits dans l'espace d'une année et peuvent se résumer en :

200,000 mètres cubes de remblais pour la voie et les banquettes;

55,000 mètres cubes d'excavation dans le nouveau canal ;

2,600 mètres cubes de maçonnerie dans les éperons ;

24,000 fascines avec pieux, cordes, etc., etc.

Le remblai construit dans le lit de l'ancien canal est parallèle aux falaises de gypse et séparé d'elles d'environ 30 mètres, ce qui laisse, comme il a déjà été dit, un espace destiné à la chute des rochers.

Le nouveau lit du fleuve a 960 mètres de longueur.

TUNNELS.

SITUATION.		NOMS.	ALIGNEMENTS et COURBES.	LONGUEUR en MÈTRES.
KILOM.	MÈTRES.			
1	000	Bilbao.	Ligne droite.	984
15	000	Miravalles.	Id.	82
18	800	Aloria	Courbe de 280m de r	75
50	000	Cantera del Rey.	Ligne droite	64
57	000	Lezama. . .	Courbe de 300m de r	42
59	140	Inoso.	Courbe de 320m de r.	107
50	420	Id.	Ligne droite.	200
66	980	Gujuli.	Id.	283
85	670	Techas.	Id.	87
85	775	Id.	Id.	25
117	620	Concha de Haro	Id.	70

VIADUCS.

SITUATION		NOMS.	ALIGNEMENTS et COURBES.	NUMÉROS des OUVERTURES.	OUVERTURES en MÈTRES.	HAUTEUR PRINCIPALE.
KILOM.	MÈTRES.					
3	000	La Pena	C. de 280m de r	7	15 00	26 00
4	000	Puente-Nuevo. . . .	Ligne droite.	3	10 00	17 00
13	450	Miravalles	Id	0	10 00	15 50
46	100	Delica. . . .	C. de 280m de r	4	10 00	18 30
47	240	Artomana	Id	4	10 00	17 10
48	980	Alora.	Id	4	15 00	19 80

PONTS SUR LES RIVIÈRES.

SITUATION.		NOMS.	ALIGNEMENTS et COURBES	NUMÉROS des OUVERTURES	OUVERTURES en MÈTRES.	HAUTEUR PRINCIPALE.
KILOM.	MÈTRES.					
14	840	Pont en tôle Miravalles. .	C. de 300m de r	2	21 25	14 00
15	040	Pont en pierre Id. . . .	Ligne droite	1	10 00	10 50
15	300	Pont en tôle. Arrancudiaga. .	Id	5	15 00	6 80
16	000	— Id. . .	Id	3	20 00	8 20
16	060	— Id.	Id.	3	10 81	9 00
17	520	— Gastaca	Id.	2	19 81	10 00
18	080	— Id	C. de 280m de r.	3	15 15	11 00
19	600	Pont en pierre. Areta	Id.	3	10 00	10 00
20	700	Pont en tôle. Luyando.	C. de 750m de r	1	20 00	7 00
36	840	Pont en pierre. Saracho. . . .	Ligne droite.	3	15 00	12 00
37	800	— Mendichoveta.	C. de 400m de r	1	12 00	7 00
66	420	— Gujuli	C. de 280m de r.	2	7 80	12 00
73	800	— Andagoya. . .	Ligne droite	3	7 50	8 40
74	640	— Anda. . . .	Id	5	6 50	5 80
75	960	— Venta.	Id.	3	6 50	6 00
77	940	— Sendadiano . .	Id.	3	7 50	6 80
81	800	— Zuazo.	Id.	3	7 50	8 80
85	880	— Techas.	Id.	1	22 00	15 90
96	980	— San-Pelayo .	C. de 400m de r.	3	7 50	8 70
97	440	— Igai.	C. de 450m de r	3	6 50	8 90
98	000	— Id.	C. de 400m de r	3	6 50	11 80
102	900	— Miranda	Ligne droite.	3	7 50	7 40
105	390	Pont au syst. américain Id. .	Id.	4	20 05	11 70
122	670	Pont en tôle Haro. . . .	Id	7	21 00	12 00
143	440	— Torre-Montalvo.	Id.	8	21 00	14 50
175	300	— Varea. .	Id.	6	21 00	12 00
184	420	— Agoncillo.	Id.	4	21 00	9 50
222	740	— Calahorra	Id	5	21 00	10 00
244	320	— Alfaro.	Id.	2	21 00	7 00

QUANTITÉS DES PRINCIPAUX TRAVAUX.

DIVISIONS	SECTIONS	DEPUIS	JUSQU'À	LONGUEUR	TERRASSEMENT	MAÇONNERIE	FER EN PONTS	MURS DE SOUTÈNEMENT EN PIERRE SÈCHE
				mètres	mèt. cubes	mèt. cub.	tonnes	mèt. c.
1	1re	Bilbao	Arrancudiaga	16,044	950 035	42 289	285	20 592
	2e	Arrancudiaga	Orduña	24,456	580,528	16.525	300	5.512
	3e	Orduña	Yzarra	30,205	2 232 827	30,455	46	7 729
	4e	Yzarra	Miranda	36.150	716 470	23 477	250	5 547
		Totaux		106,925	4,479 660	112 540	881	36,080
2e	1re	Miranda	Haro	18 500	520 897	6,656	162	5 500
	2e	Haro	Cenicero	27 400	870 460	18 611	185	10 921
	3e	Cenicero	Logroño	25 244	680 000	12 400	»	15 950
	4e	Logroño	Alcanadre	30,692	680 500	4 246	208	20 000
	5e	Alcanadre	Calahorra	19,188	530 175	4 295	4	»
	6e	Calahorra	Ermita del Pilar	19,400	175,545	6 738	117	»
	7e	Ermita del Pilar	Castejon	7,180	148,441	2 864	41	»
		Totaux		145 545	3,251 818	55 408	717	60 451
		GRANDS TOTAUX.						
		Deuxième division		106 925	4,479 660	112,546	881	30,980
		Première division		145.545	3,251,818	55,408	717	60.451
		Totaux		250 258	7,711,478	167,954	1,508	97,431

Note sur la machine Sturrock. — M. Sturrock, ingénieur du Great-Northern, trouvant que les machines à marchandises ordinaires à trois essieux coupés, du poids de 30 à 35 tonnes, étaient insuffisantes pour répondre aux exigences du trafic de cette ligne, dont il a la direction du matériel et de la traction, a réalisé l'idée, déjà connue, d'utiliser le tender comme moteur, en prenant la vapeur dans la chaudière de la locomotive.

En agrandissant convenablement la surface de chauffe de cette chaudière, M. Sturrock est parvenu à créer une machine double, très-puissante comme adhérence. Cinquante machines de ce système, dont trente sont déjà en service, depuis quelque temps, ont été commandées ou appropriés pour le Great-Northern, et une compagnie voisine se propose d'en employer vingt.

Le poids de ces machines, en charge, est de.	35 1/2 tonnes.
Celui du tender peut atteindre 25 à 30 tonnes.	26 1/2 —
Adhérence moyenne. . .	65 tonnes.

La surface de chauffe n'est que de 98^m,10 carrés, dont 12^m,70 de surface directe, et 85^m,40 pour les tubes. Cette surface est faible et n'est pas en rapport avec le poids des deux moteurs; mais il faut remarquer que l'on ne se sert du tender moteur que sur les rampes ou sur les points difficiles du réseau, que la pression de vapeur de dix atmosphères permet de faire fonctionner ensemble, pendant un certain temps, les deux moteurs, et qu'en raison de la grande surface de chauffe directe du foyer, la pression remonte rapidement, lorsque, par suite des profils de la ligne, on n'utilise pas les cylindres du tender.

La prise de vapeur est double pour la locomotive et le tender.

La communication de vapeur de la chaudière aux cylindres du tender se fait, sans aucun appareil spécial, au moyen d'un simple tuyau de cuivre rouge, assez épais, de 70 à 80 millimètres de diamètre, ayant des coudes verticaux et horizontaux; qui se prêtent suffisamment aux oscillations du système.

En sortant des cylindres du tender, la vapeur passe dans une série de tubes, à travers l'eau du tender, qui se trouve portée à une température assez élevée, et facilite beaucoup la production de vapeur.

La machine de M. Sturrock traine quarante-cinq wagons de houille (poids net 360 tonnes de houille) sur le Great-Northern, dont le profil présente des rampes de 5 millimètres; avant la modification, la machine ordinaire ne remorquait que trente wagons.

Cette machine est très-pratique, et dans le service on ne s'en préoccupe pas plus que d'une machine ordinaire.

En établissant des machines et des tenders de ce type, à trois essieux chacun, et en portant le poids de chaque moteur, en charge, à 33 tonnes, soit 11 tonnes par essieu (ce qui n'est pas exagéré pour les bandages ni pour la voie), on peut obtenir une machine de 66 tonnes d'adhérence. Il serait, sans doute, difficile de fournir constamment la vapeur nécessaire à une pareille ma-

chine ; mais elle peut être employée très-avantageusement sur les chemins à profil accidenté, à fortes rampes et contre-rampes, sur lesquels on peut suspendre momentanément l'action du tender, pour permettre à la vapeur de remonter à sa pression ordinaire.

Le tender serait construit de manière à ne peser que 20 ou 22 tonnes; il serait facile de le lester avec de l'eau pour atteindre le chiffre de 30 à 33 tonnes, dans le cas où l'on aurait besoin de ce poids adhérent pour gravir une rampe et réduire à 24 ou 25 tonnes, suivant les exigences du profil.

RÉSUMÉ

DU TRAITÉ

ET PRINCIPES QUI DOIVENT PRÉSIDER A LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER.

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION.

Routes. — Perpendiculaires aux voies de fer, les routes sont les premiers agents de leur prospérité.

Parallèles aux railways, les routes peuvent lutter avec avantage ou conserver du moins une activité suffisante lorsqu'il s'agit de courtes distances.

Les routes sont, en outre, toujours préférables aux chemins de fer dans les pays de hautes montagnes, pourvu toutefois que la voie de communication à établir n'ait pas pour objet la réunion de deux grandes lignes de chemins de fer, établis de l'un et de l'autre côté des montagnes.

Enfin il convient également de préférer les routes ordinaires aux chemins de fer lorsqu'on est appelé à desservir des contrées où la circulation n'a pas atteint ou ne paraît pas devoir atteindre promptement un certain degré d'activité.

En général, on trouve qu'il est peu avantageux, *au point de vue financier*, d'établir un chemin de fer si le mouvement n'est au moins de 60,000 à 80,000 tonnes parcourant la longueur entière, ou l'équivalent en voyageurs.

Canaux et rivières. — Les canaux sont impraticables dans cer-

tains pays accidentés où l'on construit au contraire des chemins de fer avec avantage.

De grands bassins houillers se trouvent dans les terrains de cette nature. Les chemins de fer ont contribué puissamment à en faciliter l'exploitation.

Dans les pays médiocrement accidentés, ou dans les pays de plaines, on peut établir des canaux aussi bien que des chemins de fer ; mais il est reconnu aujourd'hui que, si l'on tient compte de l'intérêt du capital engagé dans la construction des canaux aussi bien que de l'intérêt du capital engagé dans la construction du chemin de fer, le chemin de fer considéré comme moyen de transport seulement est *presque toujours* préférable au canal, au point de vue de l'économie des transports aussi bien qu'au point de vue de la rapidité.

La pratique et le raisonnement s'accordent pour prouver que, *dans l'état actuel de la science*, les spéculateurs ne sauraient sans imprudence entreprendre l'établissement de nouveaux canaux destinés à servir de moyens de transport seulement.

Les canaux rendent, dans quelques pays, des services que l'on ne peut obtenir des chemins de fer, et qui sont de nature à leur faire accorder la préférence dans certains cas particuliers.

Ils servent à dessécher des marécages, à arroser des prairies, et amènent quelquefois l'eau dans les villes ; ils fournissent encore de l'eau aux usines, ou bien ils alimentent des écluses de chasse. Quelquefois aussi ils produisent des effets tout contraires, convertissent par leurs filtrations les terrains du voisinage en marais infects, et privent d'eau les prairies et les usines.

La navigation des rivières, des lacs et de la mer, n'étant plus, comme celle des canaux, toujours grevée de l'intérêt d'un capital de construction, est, dans certains cas, plus économique, et peut opposer une concurrence redoutable aux chemins de fer.

Les chemins de fer sont un puissant moyen de défense pour le pays qui les possède, plus encore qu'ils ne sont un moyen d'attaque.

HISTOIRE DES CHEMINS DE FER.

Origine des chemins de fer. — Les premiers chemins de fer ont été construits en Angleterre, aux environs de Newcastle, vers l'année 1650. Le cheval et la gravité ont été les seuls moteurs employés sur ces chemins jusqu'en 1804. C'est en 1804 que fut essayée, également aux environs de Newcastle, en Angleterre, la première machine locomotive sur un chemin de fer.

Origine des chemins à grande vitesse. — Les chemins de fer à grande vitesse ne datent que de 1829, époque à laquelle fut inventée la machine locomotive à chaudière tubulaire par Marc Séguin. C'est alors seulement que les chemins de fer devinrent propres au transport des voyageurs et des marchandises en grande masse.

Construction des grandes voies ferrées dans les différents pays. — Les premiers chemins de fer de grande circulation furent construits en Angleterre. Les États-Unis et la Belgique suivirent l'Angleterre de près. L'Allemagne vint ensuite, puis la France. La Suisse n'a commencé son réseau de voies ferrées qu'en 1853. Toutefois, malgré la configuration défavorable du sol, elle sera dans quelques années l'un des pays les plus riches en voies métalliques. La Russie, l'Espagne, l'Italie, ont aussi entrepris depuis quelques années la construction des voies ferrées avec une grande vigueur. Les Anglais travaillent enfin avec activité à la réunion des principales villes de leurs possessions dans l'Inde par des chemins de fer.

Deux hommes ont marqué surtout dans l'histoire des chemins de fer, l'ouvrier mineur anglais George Stephenson et l'ingénieur civil français Marc Séguin.

NOTIONS GÉNÉRALES.

Avantages des chemins de fer sur les autres voies de communication. — Les principaux avantages des chemins de fer sur les

autres voies de communication sont de permettre l'emploi de la machine à vapeur comme moteur dans les meilleures conditions, et de réduire considérablement la résistance opposée au moteur, mais à la condition de ne présenter que de faibles pentes et des circuits d'un grand rayon.

Variation de la résistance. — La résistance croît rapidement avec la pente, la vitesse, et en raison inverse du rayon de courbure.

Un cheval, une machine, un moteur quelconque, peuvent traîner sur un chemin de fer de niveau, en ligne droite, à une vitesse modérée de moins de six lieues à l'heure, une charge de sept à neuf fois aussi grande que sur une route ordinaire à la vitesse en usage sur les routes. A la vitesse de 60 ou 70 kilomètres par heure, un moteur quelconque capable d'atteindre cette vitesse ne traîne plus sur un chemin de niveau, en ligne droite, que le tiers ou le quart de la charge qu'il traîne sur les routes à la vitesse en usage.

Sur un chemin dont la pente est un peu forte, le frottement au pourtour des roues, qui joue un rôle important comme résistance sur un chemin en plaine, n'est plus qu'une petite fraction de la résistance totale, et l'emploi des locomotives qui ont leur propre poids à remorquer, devenant très-coûteux, cesse d'être avantageux. C'est ce qui fait que la pose des bandes de fer, qui a pour résultat de réduire ce frottement et de faciliter l'usage des locomotives, perd la plus grande partie de ses avantages.

Les chemins de fer ont été jusqu'à ce jour impraticables dans les pays de très-hautes montagnes, où cependant on a établi des routes.

Chemins à bandes saillantes et à bandes plates. — Les chemins à bandes saillantes obtiennent aujourd'hui généralement la préférence sur ceux à bandes plates.

Chemins à une et à deux voies. — Les chemins à deux voies sont préférables aux chemins à une voie pour un service d'une certaine activité (correspondant à une recette d'environ vingt mille francs par kilomètre au moins). L'exploitation en est plus facile. On considère à tort les chemins à une voie comme très-dangereux. Ils sont peut-être un peu moins sûrs que ceux à deux voies; toute-

fois les accidents sur les chemins allemands, dont la plupart sont à une voie, ont été beaucoup moins fréquents que sur les chemins anglais, presque tous à deux voies. Mais les chemins à une voie ne donnent en général ce résultat satisfaisant qu'autant que la circulation y est médiocrement active, que les transports s'y opèrent à des vitesses modérées, et qu'on n'y fait un service de nuit qu'exceptionnellement.

TRACÉ DES CHEMINS DE FER

La question du tracé des chemins de fer est en même temps technique, financière, commerciale et politique.

Tracés directs et indirects. — On s'est trop préoccupé, dans l'origine des chemins de fer, de diminuer la distance entre les stations extrêmes, en négligeant les localités intermédiaires, qui ont souvent une grande importance. Il importe, avant de fixer le tracé d'un chemin de fer, de bien déterminer l'importance réelle de chacune de ces localités.

Tracé des vallées et des plateaux. — Les premières grandes lignes de chemins de fer ont été établies parallèlement aux voies navigables, dans les vallées où existaient déjà des éléments du trafic, dans le but de développer ce trafic. Dans un grand nombre de circonstances toutefois on a avec raison placé des chemins de fer sur les plateaux.

Il n'y a donc pas lieu de poser en principe que le tracé des chemins de fer doit suivre les vallées ou les plateaux.

Emplacement des gares de voyageurs relativement au centre des villes. — Les gares extrêmes de voyageurs ne doivent être rapprochées du centre des villes qu'autant que la dépense pour les rapprocher, dépense généralement considérable, serait en rapport avec les avantages qui en résultent.

Répulsion des habitants des villes pour les gares. — On a cru à tort, pendant longtemps, que les gares deviendraient des points d'attraction pour les habitants des villes. Loin de là, il est démontré aujourd'hui qu'ils s'éloignent plutôt de ces centres bruyants.

Les hôtels trop voisins des gares ont même rarement un grand succès.

Gares de marchandises placées en dehors des grandes villes. — Les gares extrêmes de marchandises, occupant de vastes terrains, ont été généralement établies en dehors des villes, soit afin de les placer sur des terrains moins coûteux, soit pour soustraire les marchandises au droit d'octroi.

Gares communes. — Les gares communes ne sont avantageuses que sur les chemins de fer où la circulation n'a pas atteint l'extrême activité qu'elle a prise sur nos grandes lignes.

Le service dans les gares communes doit toujours être fait par une seule et même administration.

Maximum d'inclinaison des rampes et pentes. — Il faut, dans le tracé des lignes principales, se résigner à quelques sacrifices pour réduire l'inclinaison des rampes et pour agrandir le rayon des courbes.

Nous ne prétendons pas cependant imposer ici une règle absolue. Les sacrifices ont aussi leurs limites, et, avec des machines suffisamment puissantes, les fortes pentes, pourvu qu'elles ne dépassent pas un certain maximum, n'exerceront pas sur les frais d'exploitation une influence à beaucoup près aussi grande que celle qu'on leur avait supposée dans l'origine.

On ne craint pas aujourd'hui de construire même des lignes du premier ordre avec des pentes que l'on avait considérées comme entièrement inadmissibles il y a quelques années.

La limite de pente ordinairement adoptée dans les pays médiocrement accidentés est de 10 à 12 millimètres; dans les pays de montagnes, de 20 à 25 millimètres. On trouve cependant, sur le chemin de Turin à Gênes, des pentes de 3 centimètres et demi gravies par des locomotives. — L'état des rails, généralement humides et boueux dans les souterrains, y diminue l'adhérence, en sorte que, eu égard à la charge remorquée, la pente de 3 centièmes en souterrain équivaut à une pente de 3 centièmes et demi à ciel ouvert. La pente dans les stations intermédiaires doit être nulle ou à peu près. Dans les stations extrêmes, elle doit être de 3 millimètres en descendant dans le sens du départ.

Mode de répartition des pentes. — Le mode de répartition des pentes sur un chemin de fer n'est pas sans importance. Les pentes variées, même d'une assez faible inclinaison, sont peu favorables à l'emploi des locomotives. Les pentes uniformes sont préférables. Si toutefois la raison d'économie, devant laquelle le principe technique des pentes uniformes doit aussi plier, oblige à préférer une pente variée ; il faut diviser autant que possible les lignes ou parties sur lesquelles l'effort varierait du simple au double ou à peu près.

Inclinaison avantageuse. — Une inclinaison très-avantageuse est celle pour laquelle l'effort du moteur est le même dans les deux sens, eu égard à la différence de chargement à la descente et à la remonte.

Concentration des fortes pentes. — Il faut autant que possible concentrer les fortes pentes en les allongeant plutôt que de les multiplier en les raccourcissant, et les placer dans le voisinage des points où la création des dépôts est nécessaire.

Les inconvénients des fortes rampes peuvent être aggravés ou amoindris par la direction du plus grand mouvement. Si ce plus grand mouvement s'opère à la descente, les fortes pentes sont moins désavantageuses. Elles sont également moins redoutables lorsque les convois sont d'habitude faiblement chargés à la remonte comme cela arrive sur certains chemins.

On s'effraye quelquefois des fortes pentes, parce qu'on suppose que sur ces pentes il est impossible de contenir les convois.

Elles ne sont certainement pas sans danger, mais on en calculait mal les effets lorsqu'on proscrivait les pentes dépassant 5 millièmes comme exposant les voyageurs à la descente à de nombreux accidents. Il est reconnu aujourd'hui que sur une pente de 1 centième la résistance devient telle à la vitesse de 60 à 70 kilomètres par heure, que les convois abandonnés à eux-mêmes ne peuvent la dépasser, et que sur les plus fortes pentes en usage les freins et les machines-locomotives, agissant elles-mêmes comme les freins les plus puissants lorsqu'on renverse la vapeur, peuvent toujours arrêter les convois.

Inconvénients des courbes de petit rayon. — Sous le rapport de l'économie de premier établissement, les courbes de petit rayon sont

avantageuses, puisqu'elles permettent de tourner les difficultés au lieu de les vaincre au moyen de grands travaux d'art et de terrassement; mais elles exercent sur les frais de traction la même influence que les fortes pentes; elles forcent à réduire la vitesse des trains.

Les courbes de trop petit rayon deviennent aussi une cause d'accidents et d'usure du matériel.

Tranchées ou souterrains courbes. — Les tranchées ou souterrains courbes aux approches des stations sont toujours dangereux. Il faut les éviter autant que possible.

Parties du tracé qui admettent des courbes de petit rayon. — Les courbes de petit rayon et les fortes pentes étant en même temps des causes d'accroissement de résistance et d'accident, il faut autant que possible éviter de les placer simultanément sur un même parcours.

Les courbes de petit rayon doivent être évitées surtout dans les parties du chemin où les convois marchent habituellement à de grandes vitesses. On peut diminuer le rayon aux abords des gares d'une certaine importance où tous les convois s'arrêtent, et dans l'intérieur de ces gares.

Courbes tournées en sens contraire. — Lorsque deux courbes tournées en sens contraire se trouvent à la suite l'une de l'autre, il faut les séparer par un alignement ayant la longueur des plus grands convois.

Rayon minimum des courbes. — Les courbes sur les grandes lignes à grande vitesse les mieux exécutées ont généralement de 800 à 1,000 mètres, sauf à l'approche des gares importantes où elles n'ont que 500 mètres, ou dans l'intérieur de ces gares, où le rayon devient encore plus petit. Sur quelques chemins de fer d'Autriche, on n'a pas craint de réduire le rayon des courbes à 180 mètres; mais on ne marche sur ces chemins qu'à de petites vitesses (30 kilomètres à l'heure, avec des machines à 6 ou à 8 roues à essieux mobiles du système américain ou à essieux glissants). Sur les chemins américains on est descendu même au-dessous de cette limite. — Les Allemands renoncent aujourd'hui assez généralement au matériel américain, donnant aux courbes de leurs nouvelles lignes 300 mètres au moins de rayon.

Sur plusieurs chemins d'une certaine importance, construits récemment en France et en Suisse, on a adopté en quelques points, par raison d'économie, des rayons de 300 à 350 mètres; mais alors on ralentit le train au passage de ces courbes.

La courbure du chemin, dans les changements de voie, où l'on marche toujours doucement, a pour limite minima 260 mètres.

Les nouveaux cahiers des charges français admettent pour les chemins du troisième réseau des pentes normales de 15 millimètres, et par exception de 2 centimètres, ainsi que des courbes de 300 mètres de rayon.

Passages à niveau. — Les passages à niveau, quand, sur les alignements ou sur des courbes en remblais, on peut les apercevoir de loin, ne sont pas dangereux; mais il en est tout autrement s'ils se trouvent à l'extrémité de tranchées ou de souterrains courbes.

Il faut aussi éviter autant que possible de placer des passages à niveau à l'extrémité des gares sur des chemins fréquentés; mais souvent cela devient très-difficile.

Inconvénients des points de rebroussement. — Il ne faut recourir, dans les tracés, aux rebroussements que dans quelques cas particuliers où ils deviennent indispensables pour se rapprocher du centre des villes; et encore est-il nécessaire, dans ce cas, d'établir des courbes de raccordement pour éviter aux convois directs de pénétrer dans les stations où ils seraient obligés de rebrousser.

Passage des souterrains. — Le passage des souterrains n'est pas, comme on l'a prétendu, nuisible à la santé des voyageurs.

Les déblais ne doivent pas être nécessairement compensés par les remblais. — Dans le tracé des routes de terre on cherche ordinairement à compenser les déblais par les remblais. Plusieurs ingénieurs ont cru devoir, à tort, étendre cette règle au tracé des chemins de fer.

Il faut souvent détourner le tracé d'un chemin de fer pour éviter certains terrains difficiles ou recourir aux dépôts et aux emprunts.

Action des vents. — Il importe, en étudiant le tracé des chemins de fer, de se rendre compte de l'action que les vents peuvent avoir sur la marche des convois.

Influence des neiges. — Il faut aussi, dans les pays de mon-

tagnes surtout, diriger les tracés de manière à se préserver autant que possible des amas de neige. — Toutefois la neige est moins redoutable qu'on ne l'a supposé. On a exprimé la crainte que dans les pays de montagnes, et même dans les pays de plaines où le froid est rigoureux, elle ne devînt un obstacle insurmontable à l'exploitation des chemins de fer en hiver. Cette crainte n'est pas fondée.

Considérations stratégiques. — On divise en général les voies de fer stratégiques en voies parallèles à la frontière et voies perpendiculaires. Il est essentiel que les voies parallèles, surtout si elles sont voisines de la frontière, soient protégées par un obstacle naturel quelconque, tel qu'un grand fleuve ou un rempart de hautes montagnes.

Dans le voisinage des places fortes les chemins de fer doivent être, autant que possible, établis à la surface du sol.

Tracé au point de vue financier. — Le tracé le plus parfait au point de vue technique n'est pas toujours la plus convenable. Il n'est généralement avantageux d'améliorer un chemin de fer, et même une voie de communication quelconque, ou, en d'autres termes, d'adopter, pour ce chemin ou pour cette voie de communication, un mode de construction et un tracé plus parfaits en augmentant le capital engagé que lorsque la circulation est plus active.

Embranchements. — Le tracé d'un chemin de fer ne doit jamais être étudié isolément. Une des conditions auxquelles doit satisfaire le tracé de tout chemin destiné à unir de grands centres de population est de se prêter aisément à l'établissement d'embranchements. Le tracé de ces embranchements n'exige pas la même perfection que celui des lignes principales.

Étendue des gares ou stations. — La surface couverte par les gares extrêmes de chemins de fer, lorsqu'elles se trouvent dans de grandes villes comme Paris ou Londres, est considérable.

A Paris, les grandes gares de voyageurs couvrent une surface de 8 à 9 hectares. Celles de marchandises occupent jusqu'à 50 hectares.

La surface occupée par les grandes gares intermédiaires hors ligne, et par les gares terminales autres que les gares parisiennes, celles de Londres et de Bruxelles, abstraction faite de celles de l'est,

de Lyon et de Valenciennes, qui sont exceptionnelles, est de 8 à 12 hectares.

Pour les stations d'embranchement, abstraction faite de celle d'Épernay, qui contient de vastes ateliers, et de celle de Juvisy, qui est exceptionnellement petite, cette surface est de 6 et demi à 7 hectares.

Pour les stations de banlieue

1° D'un chemin placé dans les conditions du chemin d'Auteuil, de 3,000 à 4,000 mètres carrés;

2° D'un chemin placé dans les conditions du chemin de Vincennes, de 10,000 à 20,000 mètres carrés.

Pour les stations intermédiaires de première classe, 3 à 6 hectares et demi, suivant l'importance et la nature du mouvement des marchandises.

Pour les stations intermédiaires de deuxième classe, 2 hectares et demi environ.

Pour celles de troisième classe, de 1 et demi à 2 hectares.

Pour celles du dernier ordre, de 1 demi à 1 hectare, rarement 1 hectare.

Dimensions de la voie. — La largeur de la voie sur tous les chemins de fer servant au transport des voyageurs, en France, en Belgique, en Suisse, ainsi que sur la plupart des chemins anglais et allemands, est de $1^m,50$ à $1^m,51$ d'axe en axe des rails, ou de $1^m,44$ à $1^m,46$ seulement si on la mesure de la face intérieure des rails.

On a adopté des largeurs plus grandes sur quelques chemins en Angleterre, sur les chemins d'Irlande, sur ceux de Hollande, d'Espagne et de Russie. Cette augmentation de largeur présente des avantages au point de vue de la construction des machines : mais, une partie d'un réseau étant déjà construite avec la largeur de $1^m,50$ ou $1^m,51$, comme le réseau français, le réseau belge ou le réseau suisse, ce serait à tort que l'on augmenterait la largeur des nouvelles lignes. Ces nouvelles lignes ne pourraient alors communiquer avec les anciennes qu'à l'aide d'un transbordement toujours très-fâcheux, surtout pour les marchandises.

La largeur de l'entrevoie est, sur la plupart des chemins fran-

çais, de $1^m,80$. Cette largeur est insuffisante, et il serait convenable de l'augmenter ; mais cette augmentation serait sans objet si tout le réseau parcouru par le même matériel roulant n'avait pas été établi avec la même largeur d'entrevoie.

La largeur des accotements varie, suivant la nature du terrain, de 1 mètre à 3 mètres. En général, elle est de 1 mètre en tranchée et de $1^m,50$ en remblai.

La largeur et la profondeur des fossés dépendent de la quantité d'eau qui pourrait envahir le chemin. Une insuffisance des fossés peut donner lieu à de graves accidents.

La largeur moyenne de la bande occupée par un chemin dépend essentiellement de la nature des travaux de terrassement exécutés. D'après un relevé fait sur un assez grand nombre de chemins en France, elle est en moyenne de 34 mètres, et ne dépasse jamais 44 mètres.

FRAIS DE CONSTRUCTION

DEVIS ET PRIX DE CONSTRUCTION

Le prix de construction des chemins établis a varié entre des limites fort écartées.

Il est important, en procédant par analogie pour l'établissement du prix des chemins à construire, de tenir compte de l'augmentation qu'ont subie généralement les prix de main-d'œuvre, ceux des matériaux, etc.

S'il est difficile d'établir exactement le devis d'une maison, à plus forte raison l'est-il d'établir celui d'un chemin de fer, composé d'éléments si divers. Il est surtout fort difficile de se rendre compte à l'avance du prix des terrains, qui dépend du caprice d'un jury ; des surcroîts de dépense occasionnés par les exigences des localités et de l'administration supérieure, ou par les retards apportés à l'approbation des projets, retards qui ont pour conséquences des pertes d'intérêt souvent considérables, du prix de revient des terrassements ou des ouvrages d'art dans des terrains de mauvaise na-

ture ; de l'accroissement des prix de main-d'œuvre du fait même de la construction des chemins de fer, etc.

Moyenne des prix. — La moyenne des prix de construction, matériel compris, a été :

Pour les chemins anglais d'environ.	550,000 fr
Pour les chemins français.	391,000
Pour les chemins belges faits par l'État. . .	270,000
Pour les chemins allemands de.	201,000
Pour les chemins américains de.	96,500

La moyenne pour les grandes lignes établies en France : Nord, Paris à Strasbourg, Paris à Lyon, Paris à Orléans, Paris au Havre, Lyon à la Méditerranée, est d'environ. . . . . 465,000 fr.

Ces prix comprennent le matériel d'exploitation.

Pour trois lignes de moindre importance, les chemins de Nancy à Sarrebrück, Metz à Thionville et Strasbourg à Wissembourg, la dépense moyenne, en supposant la seconde voie posée sur toute la longueur, serait de. . . . . 258,000 fr.

En supposant le chemin à une seule voie. . . . 228,000

Nous admettons que les prix de nouveaux chemins *à une seule voie* d'une plus grande importance devront varier entre 250,000 fr. et 300,000 fr. le kilomètre, matériel compris, suivant l'importance. Mais il n'est pas douteux que les chemins du troisième ordre en voie de construction ne coûteront pas au delà de 100,000 à 150,000 fr.

Le capital de construction d'un chemin de fer s'accroît toutes les fois que le trafic, dépassant les prévisions, exige de nouveaux aménagements.

Avant-projet. — En France, on doit compter pour les frais d'études d'un avant-projet de chemin de fer :

Dans des circonstances	difficiles. . . .	200	fr. par kilom.
—	ordinaires	150	—
—	faciles.	100	—

Études définitives. — Les études définitives sont beaucoup plus coûteuses : elles peuvent coûter de 1,000 à 2,000 fr. par kilomètre. On apprécie les autres natures de dépense de la manière suivante :

Subdivision des moyennes. Moyenne pour plusieurs grandes lignes :

Administration et frais généraux à.	17,000 fr.
Achats de terrain.	65,000
Terrassements et travaux d'art.	150,000
Bâtiments des stations, ateliers, etc.	48,000
Double voie, ballastage compris, plates-formes et changements de voie.	122,000
Matériel d'exploitation.	61,000

Pour des chemins à une voie d'une importance moindre, la dépense moyenne se subdivise de la manière suivante :

Frais généraux, environ.	11,000	fr. par kilom.
Acquisition de terrain pour deux voies.	31,000	—
Terrassements et ouvrages d'art pour deux voies.	76,000	—
Voie de fer et accessoires.	66,000	—
Gares et dépendances.	10,000	—
Dépenses diverses.	10,000	—
Matériel roulant.	24,000	—

Terrain occupé. — La superficie de terrain occupé par un certain nombre de chemins à deux voies, dans des conditions moyennes en France, a été par kilomètre de 3 hectares 37 ares, le prix moyen de l'hectare 9,000 fr.

Cube et prix des terrassements. — Le cube des terrassements a été, dans des conditions très-favorables (chemins belges), de 12 mètres cubes et demi par mètre courant ; dans des conditions moyennement favorables, de 25 à 35 mètres cubes ; dans des conditions très-défavorables, 72 mètres cubes (chemin de Versailles, rive gauche).

Le prix du mètre cube de terre, transport sur la ligne compris, a été :

Dans des conditions très-favorables (chemins belges).	0 fr. 76 c.

Dans des conditions moyennement favorables. .		1	50
—	peu favorables.	2	00
—	très-défavorables de 2 fr. 50 à	3	50

Prix des éléments de la voie. — Le prix des rails à l'usine, en France, est aujourd'hui (juillet 1865) de 18 fr. le quintal métrique.

Celui des coussinets de 19 francs; des traverses de 50 fr. le mètre cube.

Devis du matériel roulant. — Le parcours moyen des machines-locomotives ordinaires à voyageurs et à marchandises est d'environ 25,000 kilomètres par an.

Celui des machines Crampton est d'environ 50,000 kilomètres.

On doit donc, pour se rendre compte du nombre de machines nécessaires pour l'exploitation d'un chemin de fer, faire une hypothèse sur le nombre de kilomètres parcourus annuellement par les trains ou portions de trains attelés d'une machine ordinaire, et diviser ce nombre par 25,000 pour avoir le nombre de machines ordinaires à voyageurs ou à marchandises; faire une hypothèse sur le nombre de kilomètres parcourus par les trains express attelés d'une machine Crampton, et diviser ce nombre par 50,000 pour avoir le nombre de machines Crampton.

Pour les wagons, le calcul du matériel nécessaire est plus difficile; il faut en rechercher les nombreux éléments dans le texte du traité.

MARCHÉS A PASSER POUR L'EXÉCUTION DES CHEMINS DE FER

Graves défauts des marchés à forfait. — Bien des personnes pensent qu'on peut éviter des mécomptes en passant des marchés à forfait pour la totalité de l'exécution d'un chemin. La pratique a démontré la fausseté de cette opinion.

L'entrepreneur à forfait, s'il ne demande un prix excessif pour couvrir les risques qu'il court, est exposé à subir des pertes considérables; dans ce dernier cas, il abandonne son cautionnement et laisse la Compagnie dans l'embarras, ou il plaide et gagne souvent son procès. Les modifications toujours nécessaires en cours d'exé-

cution deviennent fort difficiles ou au moins fort coûteuses. Les travaux enfin sont ordinairement médiocrement exécutés. L'entrepreneur étant souvent plus puissant que les administrateurs, il est très-difficile de le surveiller.

Si le traité à forfait doit être repoussé, c'est surtout lorsqu'il est proposé par les fondateurs d'une Compagnie à leurs associés, les fondateurs devenant eux-mêmes entrepreneurs tout en restant administrateurs.

Le marché à forfait pour de petits lots ne présente pas les mêmes inconvénients que pour de très-grands travaux. On y a souvent recouru en Angleterre et en Belgique.

Marchés sur séries de prix. — Le mode exclusivement adopté pour l'exécution des travaux par l'administration en France et par plusieurs Compagnies importantes a été celui sur séries de prix.

Les Compagnies entreprenant d'immenses travaux qui doivent s'exécuter rapidement avec de puissants moyens d'action, et dont la surveillance est d'autant plus difficile qu'ils s'étendent sur un plus grand espace, l'intervention des grands entrepreneurs semble nécessaire et obtient ordinairement la préférence, mais n'a pas pour conséquence nécessaire le traité à forfait.

L'État passe généralement les marchés par voie d'adjudication sans se montrer trop sévère sur le choix des concurrents. Il obtient souvent de cette manière de grands rabais qui sont parfois excessifs, et les entrepreneurs ruinés abandonnent les travaux. Les Compagnies choisissent leurs entrepreneurs et fixent les prix avec eux à l'amiable, ou, si elles recourent à l'adjudication, elles n'admettent au concours que des entrepreneurs placés au premier rang pour la capacité et pour la solvabilité.

TERRASSEMENTS ET TRAVAUX D'ART

TERRASSEMENTS.

Les terrassements se font par compensation ou par voie de dépôt et d'emprunt.

Dépôt et emprunt. — Le mode d'exécution par voie de dépôt et

d'emprunt est toujours plus coûteux que celui par compensation quand les distances auxquelles les terres doivent être transportées sur l'axe de la route ne sont pas considérables et que les terrains où l'on doit déposer les terres ou les emprunter ont quelque valeur; mais il peut l'emporter sur le second, même au point de vue de la dépense, quand ces distances deviennent très-grandes, et, dans tous les cas, il est fort expéditif.

Véhicules employés. — Le transport des terres s'opère à la brouette, au tombereau ou au wagon.

En général, on trouve de l'avantage à employer la brouette tant que la distance à parcourir ne dépasse pas 50 mètres. Le camion traîné par des hommes est préférable pour des distances de 50 à 150 mètres, le tombereau traîné par des chevaux, pour des distances de 150 à 300 mètres; le wagon, pour les distances dépassant 300 mètres, pourvu que le cube à enlever soit de 100,000 mètres cubes au moins, ou pour des distances dépassant 500 mètres, pourvu que le cube à enlever soit de 25,000 mètres au moins.

Les camions et le tombereau sont remplacés avec avantage par des wagonnets. L'emploi des wagonnets est avantageux, surtout quand la pente atteint 4 centimètres, et dans les terrains glaiseux.

Terrassements au wagon. — Quand on emploie le wagon, il faut, sauf quelques cas exceptionnels, commencer par percer une cunette dans toute la longueur des tranchées, pour loger les voies de fer et les wagons.

La plus grande difficulté à vaincre est d'établir l'harmonie entre la charge et la décharge.

On augmente la masse des terres chargées dans un temps donné en multipliant les points de chargement, et celle des terres déchargées en multipliant les points de déchargement, ou en adoptant les baleines comme moyens de déchargement.

On fait aujourd'hui rarement usage des baleines.

Un terrassement marche assez rapidement lorsqu'on enlève 500 mètres cubes par jour à chaque extrémité d'une tranchée. Quelquefois on dépasse sensiblement ce cube. A la tranchée de Clamart, on a enlevé et transporté à 2,000 mètres de distance jus-

qu'à 1,400 mètres cubes à une seule extrémité dans les grands jours d'été.

Assèchement des tranchées. — Les talus des tranchées sont souvent ébouleux. C'est généralement les eaux dont ils sont imprégnés qui en occasionnent l'éboulement. On les maintient en les soutenant ou les desséchant.

On distingue parmi les méthodes de soutènement ou assèchement:

1° La méthode des gros murs en pierre sèche construits au pied du talus;

2° Celle des murs en pierre sèche couchés sur le talus;

3° Celle des épis en pierre sèche pénétrant dans le talus;

4° La méthode Sazilly;

5° La méthode des pierrées en amont;

6° La méthode des collecteurs.

Les gros murs en pierre sèche au pied du talus sont généralement peu efficaces. Les murs couchés sur le talus sont préférables. La méthode Sazilly, *bien appliquée*, a réussi dans un grand nombre de cas lorsque les éboulements sont occasionnés par des sources suintant à la surface; mais, lorsque les masses d'eau sont considérables et s'étendent à une grande profondeur dans le talus, il faut recourir à la méthode des épis, des pierrées en amont ou des collecteurs. Quelquefois on est obligé d'employer la méthode Sazilly simultanément. Nous ne saurions conseiller les pierrées en amont, qui, sur le chemin de l'Est, ont eu peu de succès.

Confection des grands remblais. — Les grands remblais se font au tombereau ou au wagon Les remblais faits au tombereau sont plus denses. Ils tassent moins, mais ils seraient presque toujours trop coûteux.

Les remblais sont sujets à s'ébouler:

1° Lorsqu'ils sont composés de terres argileuses ou fluides;

2° Lorsque, composés de bonnes ou de mauvaises terres, ils reposent sur un terrain compressible ou très-incliné.

On dirige le tracé de manière à éviter autant que possible les tranchées et les remblais argileux.

On prévient l'éboulement des remblais argileux en les préservant de l'action de l'eau:

1° Au moyen de fossés ou de pierrées qui interceptent les eaux qui pourraient en délayer le pied ;

2° En pilonnant la terre glaise pour éviter les vides et intercalant des bancs de pierre et de sable dans cette terre ;

3° En recouvrant le noyau en glaise de bonne terre pilonnée.

On prévient l'éboulement des remblais reposant sur un terrain compressible ou très-incliné :

1° En desséchant le terrain, si, comme c'est généralement le cas, il est imprégné d'eau ;

2° En donnant de l'empatement au remblai ;

3° En diminuant le poids du remblai par la construction de voûtes en pierre sèche ;

4° En répartissant mieux la pression au moyen de lits de fascines ;

5° En en soutenant, sur les terrains inclinés le pied par des épaulements.

Reconstruction des talus éboulés. — Les talus des tranchées ou des remblais éboulés se reconstruisent ordinairement au moyen d'épis en pierre sèche, entre lesquels on pilonne de la terre, ou au moyen de terres pilonées desséchées par des pierrées.

OUVRAGES D'ART.

Avantages ou inconvénients eu égard aux matériaux employés. — Les ouvrages d'art sont en bois, en pierre, en brique, en fonte, en fer forgé.

Les ouvrages d'art en bois sont ordinairement très-économiques de construction, mais durent fort peu de temps, surtout quand ils sont exposés à l'action de l'air humide. On y renonce, sauf quelques cas exceptionnels, sur les grandes voies de circulation.

La pierre est très-durable, si ce n'est dans les pays très-froids ; elle est souvent plus économique que la brique ou le métal, mais elle ne permet pas de donner de grandes portées aux travées ou de conserver au débouché une hauteur constante, et se prête moins bien à la construction des ponts très-biais que la brique ou le métal.

La brique convient dans les pays où la pierre est rare; mais elle est moins durable, moins solide.

La fonte n'offre pas les mêmes garanties de résistance que la pierre ou le fer forgé. Elle peut contenir des soufflures invisibles qui en altèrent la résistance. Elle ne permet de conserver au débouché une hauteur constante que lorsque la portée ne dépasse pas 7 ou 8 mètres. Pour des portées plus grandes on doit l'employer sous forme d'arcs, et sous cette forme elle n'admet pas de portées de plus de 70 à 75 mètres.

Les ponts en fonte sont enfin, souvent dans les mêmes conditions, plus coûteux que ceux en fer.

Le fer admet de très-grandes portées avec un débouché de hauteur constante (ponts tubulaires ou en treillis). Mais il est à craindre que les ponts en fer forgé ne se détruisent à la longue par l'oxydation ou par le jeu des rivets.

La fonte et le fer s'associent mal à cause de leurs différences de dilatabilité et d'élasticité.

En égard à la forme, on distingue les ponts de bois dans le système de Gauthey ou Viebeking, avec arcs sous le tablier; de Bürr, avec arcs sur le tablier; avec garde-corps rigides en treillis de Town, de Long et de Howe.

Les ponts dans le système de Viebeking et de Howe sont les seuls en usage aujourd'hui. Les ponts en treillis, fort employés il y a une vingtaine d'années, n'offrent pas une résistance suffisante. Les ponts avec garde-corps rigides de Howe sont souvent plus coûteux que les ponts avec arcs sous le tablier; mais ils sont plus faciles à visiter, à entretenir, et conservent encore quelque valeur (celle des grands boulons) quand le bois est pourri.

On a cru longtemps nécessaire de donner une grande masse aux ponts en pierre et en métal établis sur les chemins de fer, afin qu'ils puissent résister aux effets destructeurs des vibrations produites par le passage des trains. Aujourd'hui on est revenu de cette erreur, et on construit sur les chemins de fer des ouvrages d'art très-légers en pierre ou en métal, qui sont en même temps très-solides.

Les ponts sont en plein cintre ou surbaissés; les viaducs sont le plus souvent en plein cintre.

Aujourd'hui, lorsqu'on peut se procurer de bons moellons, on supprime presque entièrement la pierre de taille dans la construction des viaducs.

On emploie pour la construction des ponts biais en pierre différents appareils, orthogonal, anglais ou hélicoïdal et cycloïdal. Les deux derniers sont aujourd'hui les plus employés.

Les arches des grands ponts en fonte sont aujourd'hui composées de voussoirs métalliques dont la surface de joint est soigneusement planée.

Les ponts en fer forgé sont en poutres droites, en arcs, en poutres tubulaires, en treillis, ou sous forme de *bowstring*.

Le bowstring ne pourrait convenir que dans quelques cas particuliers, et est, dans tout cas, peu employé.

Les ponts tubulaires en tôle sont répandus en Angleterre. En Allemagne, on préfère les treillis.

La plus grande portée d'une travée de pont tubulaire est celle des travées extrêmes du pont de Menai. Cette portée est de 140 mètres.

Plusieurs ponts suisses en treillis portent une route et un chemin de fer, la route se trouvant sous le chemin de fer.

Les deux voies portées par un pont tubulaire ou en treillis sont quelquefois indépendantes. La première disposition est préférable au point de vue théorique ; la seconde est plus économique.

On a fait passer aux États-Unis un chemin de fer sur un pont suspendu, celui du Niagara, dont la portée est de 246 mètres. Le garde-corps est rigide et porte une route sous le chemin de fer. Ce pont est soigneusement haubanné et contreventé. Il résiste bien.

CONSTRUCTION DE LA CHAUSSÉE.

Il est essentiel que la chaussée qui porte la voie en fer soit toujours aussi sèche que possible. Il ne faut donc négliger aucun moyen de donner écoulement aux eaux qui pourraient la détruire.

Un bon ensablement de la voie est une condition de durée pour le chemin et de sécurité pour les voyageurs.

L'épaisseur ordinaire de la chaussée en ballast est de 50 centi-

mètres. On augmente l'épaisseur sur un sol difficile à bien assécher. On draine quelquefois le sol sous le ballast.

Le ballast en sable ne doit pas être trop fin. Les grains de sable doivent être d'une certaine grosseur. Il ne doit pas être très-argileux; mais il est bon qu'il renferme une petite quantité d'argile qui lui donne de la consistance sans nuire au passage de l'eau.

Toute substance perméable, pourvu qu'elle ne donne pas beaucoup de poussière, est propre à faire du ballast.

ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE

La voie est fixée à des traverses en bois ou à des dés en pierre. Les dés en pierre, manquant d'élasticité et laissant les deux files de rails indépendantes l'une de l'autre, sont aujourd'hui généralement abandonnés en France et en Angleterre. En Bavière, on continue à les employer, mais seulement sur un terrain solide. Sur les remblais, toujours sujets à tasser, on fait exclusivement usage de traverses en bois.

On a essayé de substituer les traverses en fer ou en fonte aux traverses en bois. On y a renoncé, parce qu'elles manquent d'élasticité, de base ou même de poids, si on ne leur donne pas de très-grandes dimensions.

Conservation des traverses. — On a essayé un grand nombre de procédés ayant pour objet de préserver les traverses de la pourriture. Les uns consistent à immerger la traverse dans le liquide préservatif froid ou bouillant, les autres à le faire pénétrer par différents moyens dans le corps de la traverse.

Les procédés par immersion ont été reconnus insuffisants.

Un procédé parmi ceux de la seconde espèce, celui du docteur Boucherie, paraît être tout à fait efficace pour la conservation des traverses en sapin, hêtre, etc., qui, dans leur état naturel, seraient très-rapidement détruites; mais il est inapplicable aux traverses en chêne; le docteur Boucherie emploie comme liquide la dissolution de sulfate de cuivre. En Angleterre, on fait grand usage de créosote impure. Ce dernier réactif serait en France très-coûteux.

Forme et dimensions. — On a renoncé aux traverses triangulaires, et on abandonne presque généralement, en France du moins, les traverses en rondins contenant une grande quantité d'aubier. Les traverses préférées sont celles en bois équarri. Il faut, pour que le chemin ait la stabilité nécessaire, que, la voie ayant 1m,50 de largeur, les traverses aient 2m,60 au moins de longueur.

Rails divers. — Les rails sont en fer ou en bois et fer. Les rails tout en fer sont fixés aux traverses, tantôt par l'intermédiaire de coussinets en fonte, tantôt directement. Les coussinets en fonte ont été fixés à la traverse par des chevilles en fer ou par des chevilles en bois comprimé. Les chevilles en bois sont aujourd'hui abandonnées, parce qu'elles pourrissent rapidement à la jonction du coussinet avec la traverse.

Les rails ont été fixés aux coussinets par des coins en bois ou en fer; on a renoncé aux coins en fer comme opérant un serrage imparfait et comme manquant d'élasticité. On a employé des coins en bois comprimé, mais on y a renoncé; on préfère les coins en bois non comprimé.

Les rails en fer sont fixés à la traverse par des crampons ou crossettes.

On a employé des rails en fonte; mais ils étaient trop fragiles, plus coûteux que les rails en fer laminé à résistance égale et trop courts. Les rails en fer laminé sur un chemin livré à la circulation ne se détruisent pas par l'oxydation, comme on le craignait. Il paraît que le passage des convois sur le rail donne lieu à un développement de courants électriques qui préviennent l'oxydation. Ils se détruisent par l'exfoliation, ce qui tient aux procédés de fabrication.

On se sert, pour les chemins de fer provisoires, de rails qui ne sont autre chose que des barres de fer laminées posées de champ. Ces rails fort économiques n'offriraient pas une résistance suffisante pour les chemins définitifs, sur lesquels on marche à de grandes vitesses avec de lourds convois. On leur préfère les rails à champignons.

Les rails sont à simple ou à double champignon. Les opinions des ingénieurs sur le mérite de ces deux espèces de rails sont partagées.

La plupart de nos grandes lignes de chemins de fer en France sont construites avec des rails à double champignon fixés à la traverse par des coussinets; quelques-unes avec des rails à simple champignon. En Allemagne, on a presque généralement donné la préférence au rail à simple champignon et à patins, connu sous le nom de rails Vignolles. Ce rail permet de supprimer le coussinet. En France on commence à l'adopter même pour des lignes importantes. Il paraît offrir toute garantie de solidité, mais à la condition de relier les rails par des éclisses. On lui reproche l'imperfection du mode d'attache à la traverse, surtout dans le cas de traverses en bois tendre. On emploie aujourd'hui avec succès différents moyens pour remédier à cette imperfection.

On renonce à l'emploi du rail en bois et fer dit rail Brunel, ainsi qu'au rail tout en fer dit rail Barlow.

Coussinets-éclisses. — On fait usage avec avantage sur plusieurs lignes, de coussinets éclisses.

Poids des rails. — Les rails en fer laminé de nos grandes lignes ont la même hauteur dans toute leur longueur. Ils pèsent 37 kilogrammes par mètre courant, et ont 6 mètres de longueur. Les premiers rails en fer laminé employés en 1829 ne pesaient que 13 kilogrammes par mètre courant. On en a augmenté le poids successivement au fur et à mesure que l'on augmentait le poids des machines.

Les coussinets en fonte pèsent de 10 à 12 kilogrammes.

Durée des traverses. — Les traverses équarries en bon bois de chêne ne durent pas, en moyenne, au delà de douze à quinze ans.

La durée de celles en hêtre préparé est inconnue. Les rails, sur un chemin très-fréquenté, doivent être remplacés après douze ans d'usage environ.

Durée des rails. — On se préoccupe beaucoup aujourd'hui d'augmenter la durée des rails en en améliorant la fabrication. Les rails sont fabriqués généralement au moyen de trousses composées de deux espèces de fer, fer n° 1 ou fer puddlé, et fer n° 2. Ces deux espèces de fer se soudent mal; c'est ce qui amène l'exfoliation ou dessoudure des rails. On a fait des rails qui paraissent excellents avec du fer puddlé seulement, mais il faut que ce fer puddlé soit

pour cela préparé par des procédés particuliers et provienne de très-bonnes fontes. On améliore le soudage des trousses aussi en les martelant. On exige aujourd'hui des fabricants une garantie de deux à trois années. La durée des rails paraît varier depuis cinq jusqu'à vingt années suivant la fatigue qu'ils ont à subir et aussi suivant leur qualité.

Cahier des charges. — Le fer qui compose les rails doit être dur pour résister au frottement, et tenace pour résister à la rupture. La cassure des fers de cette espèce devrait présenter un mélange de grain et de nerf. Dans les rails, c'est le grain qui domine et paraît seul sensible à l'œil. On fabrique en Allemagne de bons rails Vignoles dans lesquels le champignon et le corps du rail sont grenus, tandis que le patin est nerveux. La cassure grenue passe à la cassure nerveuse par des degrés insensibles.

On n'a admis pour les coussinets des premiers chemins de fer construits aux environs de Paris que des fontes de seconde fusion; mais l'expérience a prouvé que celles de première fusion bien choisies étaient d'un très-bon emploi.

Voies sur plateaux et Barberot. — Les voies placées sur plateaux en fonte ont eu peu de succès. Elles manquent de stabilité et se dérangent facilement. Au chemin du Nord on a établi une partie importante de la ligne sur plateaux en bois dans le système de M. Pouillet, ainsi que la totalité du chemin de ceinture. Aujourd'hui on a complétement renoncé à ce système. Les voies dans le système Barberot, avec cales en bois remplaçant le coussinet, sont à l'essai. Aux joints le coussinet paraît nécessaire. Elles paraissent manquer de solidité.

PASSAGES A NIVEAU, CLOTURES, CONTRE-RAILS.

Dispositions des passages à niveau. — Si le passage à niveau ne doit servir qu'aux piétons, la voie, à l'emplacement de ce passage, ne subit aucune modification; mais, si les voitures ont accès sur le passage, il est nécessaire de la noyer dans le pavé sur toute la longueur de la route. Du côté de l'axe de la voie on ménage dans le sol une rainure, où se loge le bourrelet des roues.

Clôtures. — Les clôtures sont en bois, composées de treillages plus ou moins simples, de 1^m,40 de hauteur, fixés à des poteaux espacés de 1^m,50, de lisses en bois clouées à des poteaux, ou enfin de fils de fer galvanisés fixés aux poteaux. Les meilleurs treillages sont formés de lattes épointées ou de simples échalas, unis les uns aux autres par des fils de fer tressés.

Les clôtures en treillages ou en lisses ne sont que provisoires. On plante généralement à côté des haies qui, au bout de quelques années, doivent les remplacer.

Contre-rails. — Sur toutes les nouvelles lignes en France on a supprimé les contre-rails comme rendant l'entretien de la voie plus difficile et comme insuffisants pour prévenir les accidents.

ACCESSOIRES DE LA VOIE

Changements de voie divers. — Les changements de voie à rails mobiles sont abandonnés comme dangereux pour les voies définitives.

Le seul changement de voie en usage aujourd'hui, en France, est celui de Wild, avec les aiguilles égales et la pointe de l'aiguille logée sous le champignon. En Angleterre on fait aussi usage de changements de voie dans le système Richardson ou dans des systèmes analogues.

Les changements de voie sont manœuvrés à l'aide de leviers munis d'une barre à contre-poids que l'on déplace en la faisant passer d'un côté à l'autre du levier.

On fait souvent usage dans les gares de changements à trois voies.

Croisements. — Les croisements de voie sont aujourd'hui tout en fer, en fonte ou en acier, sauf les pattes de lièvre.

Le cœur des croisements en fer est d'une seule pièce fabriquée à l'étampe.

On a employé d'abord pour les parties les plus fatiguées des changements et croisements de voie le fer aciéré seulement, au-

jourd'hui on emploie de préférence sur un grand nombre de lignes l'acier puddlé ou même l'acier fondu. Le prix de l'acier fondu est malheureusement un peu trop élevé encore pour que l'usage s'en soit répandu. En Angleterre et en Allemagne on paraît satisfait des croisements en fonte anciennement abandonnés.

Plaques tournantes. — Les plaques tournantes sont en bois, en fonte ou en tôle. On en fait aussi en acier fondu. Les plaques en bois ne doivent être employées que sous des remises à couvert. Celles en fonte sont placées sur les voies de garage, où ne passent pas les trains marchant à grande vitesse. Celles en tôle sur les voies principales.

On pose les plaques tournantes économiquement sur une fondation en sable.

Les grandes plaques pour machines et tenders sont manœuvrées au moyen d'un engrenage qui fait marcher des galets sur le rail circulaire établi au fond de la fosse. On se sert quelquefois pour la manœuvre d'une petite machine à vapeur fixée sur la plaque.

Depuis quelque temps on emploie avec avantage des plaques reposant uniquement sur le pivot au moment de la manœuvre, les galets ne servant qu'autant que l'équilibre est imparfait.

Chariots. — Les chariots sont de différentes espèces. On remplace dans plusieurs circonstances les plaques tournantes par le chariot Dünn. On manœuvre aussi quelquefois le chariot avec une machine à vapeur, comme les plaques.

Grues hydrauliques. — Les grues hydrauliques à réservoir sont employées avec avantage dans les gares où les convois ne doivent s'arrêter que très-peu de temps pour l'alimentation du tender.

Signaux fixes. — Les signaux fixes doivent pouvoir se manœuvrer à une grande distance. Différents systèmes ont été essayés pour que cette manœuvre s'opère toujours rapidement et avec sûreté dans tous les temps. On rencontre quelque difficulté à constater le déplacement du disque, et, la nuit, l'état de la lanterne, à une grande distance et dans des courbes en tranchée lorsqu'on ne peut les apercevoir du point où l'on se trouve placé pour la manœuvre.

On emploie avec avantage sur plusieurs lignes, pour indiquer la position du disque, les trembleurs électriques.

Le disque *automoteur* Limouse fonctionne bien, mais il présente l'inconvénient de tous les appareils automoteurs, celui d'inspirer une sécurité quelquefois trompeuse, parce que l'appareil peut se déranger naturellement ou être dérangé par des malveillants

DISPOSITION DES GARES

GARES EXTRÊMES.

Couverture des trottoirs. — Sur les chemins anglais et français, les voies longeant les trottoirs qui reçoivent les voyageurs, pour le départ ou à l'arrivée, sont toujours couvertes, ainsi que les trottoirs eux-mêmes et les voies intermédiaires.

En Angleterre, on couvre même l'espace où stationnent les voitures qui amènent ou attendent les voyageurs.

Nous regardons comme indispensable de couvrir les trottoirs et les voies entre les trottoirs, non-seulement dans l'intérêt des voyageurs, mais aussi pour la conservation du matériel qu'on est obligé de laisser stationner sur les voies.

Il convient de faire, autant que possible, descendre les voyageurs de voiture ou de les y faire monter à couvert. Il convient aussi d'abriter, comme aux chemins de Lyon et de l'Ouest, les voitures qui attendent les voyageurs.

Service des marchandises. — Le service des marchandises, dans toutes les nouvelles gares anglaises et françaises, a lieu dans un emplacement tout à fait distinct de celui qui est consacré aux voyageurs.

Voies diverses entre trottoirs. — Le plus généralement, les convois partent toujours sur la même voie, qui est la voie de départ, et arrivent aussi sur une même voie, qui est la voie d'arrivée. Ces deux voies, séparées par les voies de remisage, sont bordées l'une par le trottoir de départ, l'autre par le trottoir d'arrivée (gares parisiennes). Quelquefois cependant la voie de départ et la voie d'arrivée sont contiguës, et un seul et même trottoir échancré

sert en même temps pour le départ et l'arrivée (gare de Derby). Enfin, il arrive aussi, quoique rarement, que les mêmes voies et les mêmes trottoirs servent alternativement pour le départ et pour l'arrivée (Versailles, rive droite).

Cours. — De quelque manière que soient placés le bâtiment des salles d'attente et le bureau, il est convenable qu'il existe, du côté du départ aussi bien du côté de l'arrivée, une cour fermée par une grille.

Plaques aux extrémités. — Les plaques tournantes placées à l'extrémité des gares terminales ont pour objet de retourner les machines bout pour bout, manœuvre nécessaire, parce que les machines doivent marcher toujours en tête des convois en les traînant, et jamais en arrière en les poussant. Ce n'est que rarement et par exception que l'on doit marcher avec le tender en avant. Toutefois, sur certains chemins des environs de Londres où les départs sont très-fréquents, le service, pour éviter les retards, se fait régulièrement tender en avant.

Chariots. — Dans plusieurs gares où les machines ne pénètrent pas jusqu'au fond de la gare, comme par exemple la gare de Strasbourg, sur le chemin de fer de l'Est, on substitue un chariot aux plaques tournantes.

Heurtoirs. — On néglige souvent de placer des heurtoirs à l'extrémité des gares ; ils sont cependant indispensables, sur *toutes* les voies, et plus particulièrement quand le bâtiment des salles d'attente est en tête.

Salle d'attente et de bagages. — Les salles d'attente ainsi que les salles pour le dépôt des bagages partant ou arrivant sont placées à côté du trottoir de départ (Lyon) ou en tête de la gare (Nord). — Il vaut mieux les placer sur le côté qu'en tête de la gare. La salle pour le dépôt des bagages partant doit être placée vers l'extrémité postérieure de la gare, vis-à-vis ou à peu près du point où se trouve ordinairement le wagon à bagages. La salle pour le dépôt des bagages arrivant doit être placée à l'autre extrémité de la gare.

Les salles d'attente en tête de la gare ne peuvent convenir que dans le cas tout particulier d'un chemin de banlieue sur lequel on ne transporte pas de bagages, et où il peut devenir utile de

faire passer les voyageurs successivement d'un trottoir à l'autre.

Salles pour la messagerie. — Les salles pour le dépôt de la messagerie partant ou arrivant sont ordinairement placées à l'extrémité postérieure de la gare, à droite et à gauche.

Distribution des billets. — Les bureaux pour la distribution des billets doivent toujours être placés entre les salles pour le dépôt des bagages et les salles d'attente, ou, en d'autres termes, la salle pour le dépôt des bagages ne doit jamais se trouver sur le chemin des voyageurs qui, après avoir pris leurs billets, se rendent aux salles d'attente.

Embarcadères. — Les embarcadères pour chevaux et chaises de poste se trouvent ordinairement à l'extrémité postérieure de la gare, près des bureaux de la messagerie.

Contrôle. — Sur plusieurs chemins de fer on recueille les billets en faisant arrêter le convoi avant d'entrer sous la gare couverte. Le contrôle se fait mieux de cette manière que lorsqu'on recueille les billets à la descente sur le trottoir d'arrivée. Quelquefois aussi on recueille les billets dans la dernière station intermédiaire; mais le personnel de cette station est souvent insuffisant.

Dimensions et disposition des salles d'attente. — En France, les salles d'attente sont très-grandes et restent ordinairement fermées jusqu'au moment du départ. En Angleterre, elles sont petites et restent ouvertes; les voyageurs, dans ce dernier cas, circulent librement sur le trottoir ou montent dans les voitures. S'il est nécessaire de les diviser en plusieurs classes, la séparation se fait au moyen de barrières. Le mode anglais nous paraît préférable au mode français.

Il est très-important que les salles d'attente soient bien aérées et qu'elles communiquent avec le trottoir par un nombre de portes suffisant.

Cabinets et urinoirs. — On a trop négligé sur nos chemins de fer l'établissement des lieux d'aisance et des urinoirs. Les chemins de fer anglais offrent sous ce rapport d'excellents modèles.

Il importe particulièrement de les bien ventiler et d'y amener une quantité d'eau suffisante.

C'est surtout dans les cours d'arrivée qu'il importe de donner aux urinoirs de grandes dimensions

Octroi. — Les salles pour la délivrance des bagages et la visite de l'octroi doivent toujours être précédées d'une salle d'attente convenablement disposée.

Bureaux. — Les bureaux de l'administration centrale sont souvent dans des locaux éloignés de ceux qui renferment ceux du service actif. Ces derniers doivent toujours se trouver à proximité de la gare.

Les bureaux doivent toujours être groupés dans un petit espace, de manière que les relations entre les chefs de service soient faciles.

Les plans ou dessins ne pouvant être convenablement exécutés dans des salles mal éclairées, les bureaux de l'ingénieur doivent recevoir le plus de lumière possible.

Il est essentiel aussi que les salles pour les archives soient très-vastes, afin que l'on puisse classer avec un ordre parfait les nombreux documents de toute espèce dont les chefs de l'exploitation d'un chemin de fer doivent faire collection.

Trottoirs. — Les trottoirs doivent être larges et peu élevés (55 centimètres environ). Ils sont en bitume, en dalles, ou planchéiés. On donne souvent la préférence aux trottoirs bitumés.

Sol entre les voies. — Le sol entre les voies doit être consolidé au moyen d'un briquetage, d'un pavé en pierre ou d'un pavé en bois avec ruisseau ou caniveau pour l'écoulement provenant du lavage des voitures. Le ballast donne trop de poussière.

Halle couverte. — La halle couverte doit être éclairée au moyen de châssis à tabatière placés contre le bâtiment plutôt que sur le milieu du faîtage.

GARES OU STATIONS INTERMÉDIAIRES

Disposition des voies. — Au chemin de Strasbourg et sur plusieurs autres lignes à deux voies on a adopté pour règle générale de placer la pointe des aiguilles dans le sens opposé à la marche des convois, même dans les stations principales. On n'entre ainsi dans les voies de garage qu'à reculons.

Il ne faut pas négliger de placer sur les voies de garage des cales ou heurtoirs mobiles.

Il est nécessaire aussi, pour prévenir les accidents, de placer un heurtoir solide à l'extrémité de la voie, ou au moins un tas de terre d'une hauteur et d'une épaisseur suffisantes pour arrêter les wagons.

Les croisements ou coupements de voie sur les voies principales ne sont dangereux que dans les stations qu'une partie des convois traversent à grande vitesse. Quelquefois cependant on en fait usage même dans ces dernières stations.

Les voies de garage dans les gares intermédiaires doivent être placées sur le côté des voies principales plutôt qu'entre ces voies. Elles doivent avoir de 400 à 450 mètres de longueur (longueur des plus longs convois augmentée de celle de la machine).

Il est nécessaire de poser dans certaines gares des voies spéciales pour l'alimentation des machines.

On évite autant que possible les plaques tournantes sur les voies principales. Quelquefois cependant elles deviennent nécessaires.

Les stations intermédiaires doivent être couvertes par des disques placés à 800 mètres au moins de distance.

Les voies principales étant établies entre les trottoirs, le bâtiment des salles d'attente est ordinairement placé du côté de la ville que la station dessert, et les voyageurs, pour partir du trottoir qui ne longe pas ce bâtiment, ou pour se rendre en ville lorsqu'ils arrivent, sont obligés de traverser les voies. Cette traversée de voies ne devient dangereuse que sur des chemins de banlieue excessivement fréquentés. On a généralement abandonné sur les grandes lignes les dispositions qui avaient pour objet de l'éviter.

Remises de wagons. — Les remises de wagons doivent toujours être placées à côté de la voie sur laquelle on est le plus souvent appelé à ajouter des wagons au convoi, et mises en relation avec cette voie au moyen d'un changement de voies, de manière qu'on puisse ajouter les wagons rapidement.

Halles à marchandises. — Les halles à marchandises doivent être placées *à une petite distance* de celle des voyageurs, et desservies par une cour spéciale.

Remises de locomotives. — Le bâtiment de la machine fixe et les remises de locomotives dans les dépôts forment un nouveau groupe qui doit être tout à fait distinct des précédents.

Urinoirs. — Le bâtiments des urinoirs, distinct du bâtiment des voyageurs sur les chemins à deux voies, doit être placé à l'arrière du convoi arrivant. Les urinoirs sont nécessaires des deux côtés de la gare, et doivent être très-vastes, surtout dans les stations où les convois stationnent quelques minutes au moins. L'entrée doit en être masquée.

Trottoirs. — Les trottoirs ne doivent pas avoir plus de 55 centimètres de hauteur, sauf toutefois dans les stations de certains chemins de banlieue, où le service doit se faire, au passage des convois, avec une très-grande rapidité.

Les deux trottoirs, dans les stations de quelque importance, doivent être couverts par des marquises sur toute leur largeur et sur la plus grande longueur possible.

Dans les grandes stations d'embranchement, on couvre souvent les voies aussi bien que les trottoirs.

Dans les gares d'embranchement, on trouve souvent un trottoir au milieu des voies.

Buffets. — Les buffets doivent être placés du côté des villes desservies.

Distribution intérieure du bâtiment des salles d'attente. — Les salles d'attente des trois classes doivent être groupées à une même extrémité du bâtiment, de manière qu'un seul surveillant puisse faire le service des trois salles en même temps.

Le bureau des bagages, dans les stations intermédiaires comme dans les stations terminales, ne doit pas se trouver entre le bureau des billets et les salles d'attente. Il doit être contigu au bureau du chef de gare.

Le bureau des messageries est placé à côté du bureau des bagages, ou bien le service des bagages et celui de la messagerie se font dans un seul et même bureau.

Le bureau du chef de gare doit avoir une porte sur le trottoir et une autre porte par laquelle le public peut communiquer avec lui, sans entrer dans la gare.

Le bureau des billets, celui des bagages et les salles d'attente doivent être desservis par un vestibule de grandeur suffisante.

On doit pouvoir fermer le bureau des bagages. Le public sortant de la gare ne doit pas traverser le vestibule et se mêler ainsi aux voyageurs qui partent. Le mieux est de le faire sortir par un couloir plus ou moins large, ménagé à l'extrémité du bâtiment.

La distribution des bagages peut se faire sur une table dans ce couloir, ou simplement sur le trottoir.

Le logement du chef de gare se trouve au-dessus du bureau des billets ou du bureau des bagages du vestibule, et quelquefois de la salle d'attente de 1re classe. L'escalier par lequel on y accède est mieux placé du côté de la façade sur la cour que du côté de la façade sur le trottoir.

Il est utile de placer une marquise en avant de la porte du vestibule, pour abriter les voyageurs qui descendent de voiture, et une autre marquise à l'extrémité du couloir de sortie.

Le bâtiment des salles d'attente des stations intermédiaires très-fréquentées couvre une surface indéfinie.

Les trottoirs ne doivent pas avoir moins de 80 mètres de longueur, et quelquefois, sur des chemins de banlieue, ils doivent avoir jusqu'à 220 mètres.

HALLES A MARCHANDISES ET REMISES.

Halles à marchandises. — Les halles à marchandises sont de grands hangars rectangulaires, quelquefois avec entre-sols, et même avec premier et second étage. Dans ce dernier cas, on élève les marchandises au moyen de machines, mais l'emploi des machines, comme celles d'Armstrong, par exemple, n'est avantageux qu'autant que le mouvement dans la gare est considérable.

Trottoirs des halles. — Le long du trottoir sur lequel se fait la manutention des colis se trouve, d'un côté, une voie en fer, et, de l'autre, une chaussée. On noie quelquefois une voie dans la chaussée, et on la relie à celle qui est posée de l'autre côté du trottoir par des voies transversales qui traversent le trottoir au moyen de coupures.

Les trottoirs ont $1^m,10$ de hauteur. Ils ne doivent pas être bitumés : le bitume, se ramollissant l'été, devient nuisible pour certaines marchandises. On les pave quelquefois en pierre, mais le pavage en bois est préférable.

Clôture des halles. — Dans les grandes gares, les hangars sont entièrement ouverts, et les côtés sont, pendant la nuit, gardés par des surveillants. Dans les gares plus petites, on se réserve le moyen d'enfermer les colis.

Quelquefois la voie latérale au trottoir et la chaussée ne sont couvertes que par des auvents, et l'on n'enferme la nuit que la marchandise déposée sur le trottoir. D'autres fois, la voie, le trottoir et la chaussée se trouvent sous un hangar entièrement fermé. Enfin, on a construit, dans ces dernières années, un grand nombre de halles à marchandises, avec clôture pour la voie et le trottoir, et simplement l'avant découvert pour la chaussée. De cette manière, les wagons chargés, stationnant sur la voie, sont à l'abri du vol. Ce dernier système nous paraît préférable aux deux autres. L'avant-dernier est le plus économique, et souvent peut suffire.

Halles perpendiculaires, inclinées ou parallèles. — L'axe des halles est perpendiculaire à celui des voies principales, parallèle ou incliné.

Les hangars étant perpendiculaires aux voies principales, tous les wagons composant un convoi doivent passer sur des plaques tournantes pour y pénétrer. Les convois tout entiers, au contraire, peuvent pénétrer, sans être décomposés, sous les hangars parallèles ou divergents.

Les hangars parallèles ou divergents sont donc préférables aux hangars perpendiculaires. Ils se prêtent mieux aux exigences du service et n'exigent pas un aussi grand nombre de plaques.

Dans les stations intermédiaires les hangars sont toujours parallèles.

Surface des quais. — Sept mètres carrés en moyenne par tonne de marchandises.

Ateliers. — Les grands ateliers sont généralement composés de bâtiments rectangulaires placés autour d'une ou plusieurs cours. Les forges, la chaudronnerie, sont placées sous de simples hangars.

Les machines, les outils et la carrosserie se trouvent souvent logés dans des bâtiments à un étage.

Les ateliers doivent être disposés de manière à éviter les fausses manœuvres. Ils doivent être de dimensions telles, que le service n'en soit jamais gêné. La surveillance et la police doivent s'y faire aisément, il faut enfin qu'ils soient bien éclairés, bien aérés et suffisamment chauffés en hiver. L'aérage et le chauffage sont nécessaires surtout pour les ateliers où l'on peint les wagons.

Remises de wagons. — Les remises de wagons consistent généralement en de grands hangars rectangulaires. Les voies de remisage parallèles placées sous ce hangar sont desservies par un chariot, qui peut aussi transporter les wagons sur une voie de service communiquant par un changement de voie avec l'une des voies principales.

Elles doivent être convenablement éclairées, afin qu'on y puisse visiter les wagons et y faire de petites réparations. On doit, dans le même but, ménager un espace suffisant entre les voies.

Remises de locomotives. — On distingue trois espèces de remises de locomotives.

Les remises :

1° rectangulaire ;

2° polygonale (rotondes ou demi-rotondes).

3° en fer à cheval.

Les remises rectangulaires sont ordinairement préférées pour un petit nombre de locomotives. On peut toutefois, dans ce cas, employer aussi un fer à cheval formant une petite portion de secteur seulement.

Pour un grand nombre de locomotives (douze au moins), les rotondes sont préférables. Elles sont plus économiques et permettent de dégager facilement les machines. Les demi-rotondes, plus coûteuses que les rotondes, ne servent que dans quelques cas exceptionnels.

Les remises en fer à cheval, si l'on tient compte de la dépense faite pour les voies et pour l'achat du terrain, sont presque aussi coûteuses que les rotondes. Elles se prêtent mal à la surveillance, ainsi qu'au chauffage, et la plaque tournante y est découverte.

Elles sont cependant employées sur plusieurs lignes importantes.

Les remises de locomotives doivent être bien éclairées. La fumée et la vapeur qui se produisent lorsqu'on allume une locomotive doivent pouvoir se dégager facilement et sans danger pour la charpente; la circulation autour des machines doit y être facile et la chaleur suffisante pour empêcher la congélation de l'eau.

Réservoirs. — Il est utile de chauffer l'eau des réservoirs, car, de tous les moyens employés pour chauffer l'eau des locomotives, le plus coûteux est, sans contredit, le chauffage direct par le foyer des machines. Toutefois les réservoirs de très-grandes dimensions ne sont pas chauffés. Au moyen de quelques précautions préservatrices du froid, la gelée d'une masse d'eau aussi grande que celle que contiennent ces réservoirs n'est pas à craindre.

Les réservoirs ronds ou polygonaux sont préférables aux réservoirs rectangulaires. Les réservoirs sont en tôle ou en fonte.

Magasins de coke. — Il serait utile de couvrir les dépôts de coke. On ne le fait cependant que très-rarement, parce que cela deviendrait trop coûteux pour de grands approvisionnements.

ARCHITECTURE DES GARES.

La façade d'une grande gare est caractérisée par une horloge monumentale et par un grand nombre de portes ou arcades en plein cintre de grandes dimensions, destinées à éclairer de grands vestibules ou a donner issue au flot des voyageurs qu'amène chaque convoi. Si le bâtiment est placé en tête, le comble qui recouvre la halle est ordinairement accusé par un fronton ou par un grand arc.

L'architecture des gares ou stations intermédiaires doit être en harmonie avec celle des édifices du voisinage. Le chalet obtient souvent la préférence pour les bâtiments de station placées dans de belles vallées.

WAGONS.

Dispositions générales. — Les voitures employées sur les chemins de fer sont toutes portées sur quatre roues au moins.

Les roues jumelles fixées sur les essieux, qui tournent alors dans des boites fixées à la caisse du wagon ou aux ressorts qui les portent sont solidaires.

Les essieux sont disposés de manière à rester invariablement parallèles, ou à peu près, dans les wagons à quatre roues. — Dans les wagons à huit roues, ils sont parallèles deux à deux.

Ressorts. — L'usage des ressorts de choc et de traction devient général, même pour les wagons à marchandises.

On a fait pendant longtemps les ressorts de wagons en acier corroyé. M. Lasalle a introduit dans leur fabrication l'acier fondu, que son élasticité, son homogénéité et sa résistance à la rupture rendent bien supérieur.

Graissage. — Le graissage à l'huile tend à se substituer aujourd'hui au graissage à la graisse, fort imparfait en hiver surtout. La plus grande difficulté que l'on ait à surmonter dans le graissage à l'huile consiste à éviter les pertes d'huile.

Anciennement les boites à graisse étaient ajustées avec soin dans les plaques de garde; actuellement on leur donne au contraire du jeu dans tous les sens. Cette disposition facilite le passage dans les courbes.

L'emploi des galets ou des rouleaux, pour diminuer le frottement sur la fusée, ne s'est pas généralisé.

Roues. — En France, les roues de wagons, soit à voyageurs, soit à marchandises, marchant à de grandes vitesses, sont ordinairement en fer, à l'exception du moyeu. On en fait même un grand nombre aujourd'hui avec le moyeu en fer. En Amérique, on se sert encore, même pour les wagons marchant à de grandes vitesses, de roues en fonte.

En Angleterre, on fait encore usage pour les wagons à marchandises, sur quelques chemins, de roues en fonte cerclées en fer. La différence de prix en faveur des roues avec rais en fonte en France nous paraît trop faible pour justifier leur emploi, même pour les wagons à marchandises.

Dans les wagons de terrassement, le cercle de la roue est en fonte, les rais en fer et le moyeu en fonte.

On fait souvent usage de roues pleines, surtout pour les wagons qui entrent dans la composition des trains express.

Caisses des wagons de terrassement. — Les caisses de wagons de terrassements mobiles autour d'un axe doivent avoir une capacité plus ou moins grande, selon la distance à laquelle les wagons doivent transporter les terres. Elles ne doivent pas être trop élevées, afin que le chargement n'en devienne pas trop difficile. Elles doivent se renverser sous un angle de 45 degrés au moins. Leur charge doit être distribuée inégalement sur l'axe de rotation, de manière que la charge sur l'arrière soit un peu plus forte que sur l'avant. Les roues doivent être chargées à peu près également. Elles doivent avoir le plus grand diamètre possible, afin de passer facilement sur les petites pierres que l'on peut rencontrer sur les rails des chantiers de terrassements; mais on ne peut dépasser le diamètre de $0^m,75$, sous peine de trop élever le centre de gravité de la caisse.

Wagons à houille. — On renonce sur plusieurs lignes aux wagons à trappes pour le transport de la houille même, parce qu'ils ne peuvent servir que difficilement au transport d'autres matières en retour.

Wagons à voyageurs. — Les wagons pour le transport des voyageurs doivent être disposés de façon que l'on puisse y faire entrer ou en faire sortir rapidement le plus grand nombre possible de voyageurs aux stations. Pour cela, il faut que les portes soient nombreuses et de largeur suffisante.

Aujourd'hui, en France, l'autorité supérieure exige que les wagons de toute classe soient couverts et fermés.

Rapport du poids mort au poids utile. — On s'applique à diminuer autant que possible le rapport du poids mort au poids utile dans les wagons, soit à voyageurs, soit à marchandises.

On a augmenté dans ce but la longueur des caisses des wagons à voyageurs et augmenté la capacité de celles des wagons à marchandises. Les wagons à marchandises à quatre roues ne portaient anciennement que 5 tonnes. On est parvenu aujourd'hui à leur faire porter 10 tonnes sans en augmenter beaucoup le poids mort.

Wagons à bagages. — Les portières des wagons à bagages,

étant toujours de grandes dimensions, ne doivent pas tourner sur des charnières comme celles des wagons à voyageurs. Elles doivent, pour ne pas occasionner des accidents, glisser sur des roulettes.

Il importe de réduire autant que possible le nombre des différents modèles de wagons.

Matériel américain. — Le matériel américain à huit roues est, proportion gardée, plus lourd que celui à quatre roues ; il ne se prête pas aux exigences de l'exploitation aussi facilement que ce dernier, et ne peut marcher dans de bonnes conditions à d'aussi grandes vitesses. Le matériel à quatre roues obtient aujourd'hui la préférence sur le matériel américain, et même sur le matériel anglais à six roues.

Attelage. — L'attelage doit se faire au moyen de tendeurs à vis, en ayant soin d'établir le contact entre les tampons. L'attelage rigide et celui au moyen de chaînes doivent être rejetés.

Freins. — Bien des personnes étrangères aux notions les plus élémentaires de la mécanique se figurent que le meilleur frein serait celui qui pourrait arrêter au besoin le convoi instantanément. C'est une grave erreur qu'il importe de détruire. Les freins ne doivent agir que graduellement, avec plus ou moins d'intensité, selon la vitesse dont le convoi est animé.

Il était d'une grande importance que le mécanicien pût manœuvrer les freins au moment même où il aperçoit un obstacle sur la voie. C'est dans cette pensée qu'ont été étudiés plusieurs freins nouveaux, notamment le frein Guérin, employé sur plusieurs lignes.

On emploie sur les fortes pentes un frein à patins d'une espèce particulière, connu sous le nom de frein Laignel.

Matériel articulé. — Le matériel articulé de M. Arnoux n'a été employé jusqu'à ce jour que sur le chemin de fer de Sceaux.

Le principal obstacle à ce qu'il fût employé sur des lignes de grand parcours provenait de la difficulté que l'on éprouvait à construire des machines *puissantes* à roues couplées pouvant passer aussi bien que les wagons dans les courbes de petit rayon.

On a surmonté jusqu'à un certain point cet obstacle en construisant des machines à quatre paires de roues couplées, marchant dans

les courbes du plus petit rayon ; mais ces machines ne sont pas encore assez puissantes pour traîner seules des convois de marchandises composés d'un grand nombre de wagons.

On a aussi reproché au système Arnoux sa complication. On l'a beaucoup simplifié, et tout récemment on est parvenu à marcher sur les courbes de petits rayons du chemin de Sceaux en se bornant à rendre folle l'une des deux roues portées sur un même essieu, sans altérer le parallélisme des essieux et sans faire usage de galets directeurs.

MACHINES FIXES ET GRAVITÉ

Les machines fixes comme moteurs sur les grandes lignes de chemins de fer sont généralement abandonnées.

Le système atmosphérique n'est plus employé sur le chemin de Saint-Germain, où il a fait place à un service exclusif de locomotives.

Les machines fixes se prêtent difficilement aux exigences du service. Leur emploi sur les grandes lignes, si ce n'est dans quelques cas très-exceptionnels, ne procure pas les économies qu'on en espérait, soit pour la construction, soit pour l'exploitation.

Les plans automoteurs sont employés avantageusement dans le voisinage des mines ou des usines. Leur pente doit être de deux centièmes au moins, et leur longueur ne doit pas dépasser 2,000 mètres.

La double voie avec entre-voie n'est indispensable qu'au milieu du plan.

MACHINES LOCOMOTIVES.

HISTOIRE.

Premières locomotives. — Les premières machines locomotives ont été essayées sur une route ordinaire par un Français nommé Cugnot, en 1765.

Les premières machines qui aient paru sur un chemin de fer sont celles de Trevitick et Vivian, essayées en 1804 aux environs de Newcastle.

On croyait nécessaire, lors de la construction des premières locomotives, d'employer des engrenages ou des jambes mobiles pour opérer le mouvement de translation. C'est en 1814 seulement que George Stephenson construisit la première locomotive marchant en vertu de l'adhérence.

La première machine à chaudière tubulaire avec tirage par le jet de vapeur, capable de marcher à de grandes vitesses, n'a paru qu'en 1829. — La chaudière tubulaire a été inventée par Séguin l'aîné.

Depuis cette époque, rien n'a été changé au principe de la construction des machines locomotives, mais on en a considérablement augmenté la puissance et diminué les frais de service.

Force croissante des locomotives. — Les premières machines locomotives ne pouvaient traîner que 40 tonnes brutes à la vitesse de 25 kilomètres par heure. Les machines Engerth traînent aujourd'hui jusqu'à 700 tonnes à la même vitesse, et ne brûlent que la treizième partie de ce que brûlaient les anciennes machines pour remonter une tonne à 1 kilomètre. (*Voir* p. 356.)

Enfin sur le chemin du Nord, avec une charge de 80 tonnes seulement, les machines peuvent atteindre la vitesse de 100 kilomètres.

Avantages des locomotives. — Les machines locomotives ont l'avantage :

1° De présenter une très-grande surface de chauffe sous un très-petit volume;

2° De produire une grande quantité de vapeur par unité de surface;

3° D'être inexplosibles ou à peu près.

Différents types. — On distingue :

Les machines à voyageurs,
— à marchandises,
— de gare.

Machines à voyageurs. — Les machines à voyageurs se divisent en machines :

1° A moyenne vitesse, à roues indépendantes ou à deux paires de roues couplées (machines mixtes);

2° A grande vitesse.

L'ancien type Stephenson pour voyageurs, à roues indépendantes, longue chaudière, châssis intérieur, etc., est aujourd'hui abandonné. En France, on lui préfère le type à chaudière de moyenne longueur, double châssis, cylindres extérieurs.

En Angleterre, on fait souvent usage des cylindres intérieurs.

Le châssis extérieur, en cas de rupture d'un essieu, n'est pas, ainsi qu'on l'a prétendu, plus dangereux que le châssis intérieur.

Les locomotives à quatre roues dans le même cas offrent autant de sécurité que celles à six roues. Elles sont toutefois abandonnées sur toutes les grandes lignes, à cause de leur défaut de puissance.

En Amérique, et quelquefois en Allemagne, on fait usage, pour des vitesses modérées, de machines à huit roues avec essieux parallèles deux à deux.

Les locomotives Crampton font un excellent service à grande vitesse ; toutefois un certain nombre d'ingénieurs préfèrent pour les trains express les machines à roues indépendantes placées sur l'essieu du milieu, du même système que celles pour moyenne vitesse.

Machines à marchandises. — Les machines à marchandises se divisent en machines :

1° A moyenne charge;

2° A très-fortes charges;

3° Machines de rampe.

Les machines à marchandises traînant de moyennes charges sont ordinairement établies suivant les anciens types de Stephenson, avec les trois essieux entre les deux boîtes. On conserve souvent pour ces machines les cylindres intérieurs.

En Amérique, on emploie pour le service des marchandises comme pour celui des voyageurs des machines à huit roues ou des machines à dix roues, les deux essieux de devant étant indépendants de ceux d'arrière, qui sont couplés. — L'adhérence de ces machines ne peut dépasser 36 tonnes.

Quelques machines traînant de très-fortes charges sont dans le système sans engrenage Engerth. Sur le chemin de l'Est on sépare le tender de la machine.

La machine Engerth peut aussi être classée parmi les machines de rampe avec la machine du Nord et la machine Beugnot.

La surface de chauffe est, dans les machines à roues indépendantes, pour le service à vitesse modérée, d'environ 80 mètres;

Dans les machines mixtes.	85	mètres carrés.
Machines Crampton..	100	—
Machines à marchandises ordinaires.	120 à 130	—
Machines Engerth.	200	—
Fortes rampes du Nord.	120	—
Fortes rampes Beugnot.	180	—
Machines du Nord à 12 roues	215	—

Répartition du poids sur les essieux. — La répartition du poids sur les essieux s'opère de la manière suivante.

Dans les machines Stephenson à voyageurs :

Charge sur l'essieu	d'arrière. . . .	$\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{7}$	du poids total.
— —	du milieu. . . .	$\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$	—
— —	d'avant.. . . .	$\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$	—

Dans les machines Crampton :

Charge sur l'essieu	d'arrière.. . .	environ $\frac{5}{12}$	—
— —	d'avant. . . .	— $\frac{2}{12}$	—
— —	du milieu. . .	— $\frac{5}{12}$	—

Dans les machines à marchandises ordinaires et Engerth et dans les machines pour fortes rampes la charge doit être la même sur tous les essieux.

Mais elle ne doit jamais dépasser 12 tonnes sur un essieu.

L'écartement des essieux extrêmes est, dans les Crampton, de $4^m,89$; dans les machines à moyenne vitesse, de $3^m,01$ à $4^m,70$.

Foyer. — Le foyer des locomotives en Europe est généralement rectangulaire, en Amérique il est cylindrique. Le foyer rectangulaire, offrant une plus grande surface de chauffe pour une certaine surface de grille, est préférable.

La boite à feu, dans un grand nombre de machines anglaises, est divisée en deux parties par un bouilleur; mais le bouilleur ne convient qu'autant que l'on brûle des combustibles de première qualité.

La boîte intérieure doit être en cuivre rouge. La boîte extérieure est en tôle.

Grille. — La grille doit être composée de barreaux en fer laminé, indépendants. Toutes les machines doivent être munies d'un cendrier. En France, l'administration supérieure recommande le cendrier sans fond. En Angleterre, le cendrier est fermé dans le fond, et le tirage est réglé par une porte placée en avant, porte que l'on peut ouvrir plus ou moins.

Tubes. — Les tubes sont en laiton, en fer ou en cuivre rouge. Le cuivre rouge se détruit rapidement lorsqu'on brûle du coke. Les tubes en laiton sont préférés sur la plupart des lignes européennes.

Tuyau de vapeur. — Le tuyau par lequel la vapeur se rend de la chaudière dans les boîtes est en cuivre.

Régulateur. — Le régulateur à tiroirs est celui que l'on préfère.

Piston. — Le piston suédois est le meilleur de tous.

Échappement. — L'échappement variable à valves est également le meilleur. En Angleterre, l'orifice d'échappement est de grandeur constante.

Roues. — On fait aujourd'hui généralement les roues tout en fer.

Coulisse. — La coulisse est aujourd'hui d'un emploi presque général. La coulisse mobile présente deux inconvénients graves. Elle ne peut augmenter la détente qu'en augmentant l'avance linéaire et en rétrécissant les lumières. On évite le premier avec la coulisse fixe, très-répandue aujourd'hui.

Avance, recouvrement. — L'avance linéaire doit être égale au moins au recouvrement. Elle est généralement un peu plus grande.

Pression, détente, compression. — Dans les machines à coulisse, la durée de la détente et celle de la compression et de l'échappement anticipé sont proportionnelles au recouvrement extérieur. Le recouvrement intérieur diminue l'échappement anticipé et augmente la détente et la compression.

Compression. — La compression donne lieu à un travail résistant qui diminue la puissance de la machine; mais elle diminue la dépense de vapeur, et, par conséquent, de combustible, en remplissant l'espace nuisible de vapeur. Poussée au delà de certaines limites, elle cesse de réduire la consommation de vapeur.

DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES A VAINCRE SUR LES CHEMINS DE FER

Résistances en plaine et en ligne droite. — Les résistances normales que le moteur doit vaincre pour maintenir un wagon marchant sur un chemin de fer en ligne droite à l'état de mouvement sont de trois espèces, savoir :

1° Le frottement des fusées qui tournent dans les boîtes à graisse ou à huile;

2° Le frottement des roues sur le rail;

3° La résistance de l'air.

Frottements. — On admet généralement que le frottement est proportionnel à la pression, qu'il varie avec la nature et l'état des surfaces en contact, mais qu'il est indépendant de l'étendue de ces surfaces et de la vitesse.

Des expériences récentes paraissent infirmer cette loi; il semblerait résulter de ces expériences que la vitesse et la surface en contact ne sont pas sans influence sur le frottement.

Résistance de l'air. — La résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse.

Elle est d'autant plus faible que le mobile est plus allongé dans le sens du mouvement.

Si deux surfaces se masquent exactement, la résistance éprouvée par la surface masquée est égale à une fraction de la résistance supportée par la surface antérieure. — Plus l'espace qui sépare les deux surfaces est faible, plus aussi la résistance exercée sur la surface masquée sera diminuée.

Résistance sur une rampe. — Sur une rampe la puissance provenant de la composante du poids parallèle au plan incliné s'ajoute aux résistances occasionnées par le frottement et par l'air.

Résistance dans les courbes. — Dans les courbes trois nouvelles causes de résistance s'ajoutent aux précédentes.

1° Le glissement des roues provenant de leur fixité sur l'essieu, glissement qui tend à s'opérer dans la direction de la tangente.

2° Le glissement des roues provenant du parallélisme des essieux, glissement qui tend à s'opérer suivant la direction du rayon de la courbe.

3° La force centrifuge qui produit un frottement d'une partie du bourrelet des roues contre la file de rails extérieure.

Équation du travail. — L'équation du travail dans le cas le plus général d'un chemin, sur une rampe et en ligne courbe, s'établit en faisant la somme des travaux provenant des résistances précitées.

Détermination des coefficients. — Pour déterminer les coefficients on s'est servi du dynamomètre, ou l'on a fait descendre des wagons sur des plans inclinés.

Frottement sur les fusées. — Le travail du frottement sur les fusées est proportionnel au diamètre de ces fusées et inversement proportionnel au diamètre des roues.

Il est moins grand avec le graissage à l'huile qu'avec celui à la graisse, surtout au moment du départ et en hiver.

Ce travail est de deux à trois millièmes du poids qui pèse sur la fusée.

Frottement au pourtour des roues. — Le travail du frottement au pourtour des roues est d'environ le tiers du frottement sur les fusées.

Il diminue en sens inverse du diamètre des roues, mais l'influence du diamètre dans les limites de grandeur des roues de wagons est considérée comme insensible.

Ce frottement dépend aussi de l'état des rails. Nous avons supposé un état moyen de propreté. Il diminue lorsque les rails sont humides.

Résistance de l'air. — La résistance de l'air, à de grandes vitesses augmente notablement la résistance totale.

Résistance en plaine et en alignement. — La résistance totale en plaine et en alignement varie suivant le mode de construction des wagons, le diamètre des fusées et des roues, la forme des voies, le mode de graissage, l'état de la voie, la longueur des trains, etc.

Il paraîtrait qu'à de faibles vitesses où la résistance de l'air est

peu sensible, sur une voie en bon état dans un état moyen de sécheresse et pour des trains chargés, elle varierait quand on se sert de graisse entre 3 et 4 kilogr. par tonne de 1000 kilogr., et qu'elle serait réduite de 0/3 à 0/4 par la substitution de l'huile à la graisse.

La résistance augmente assez rapidement avec la vitesse, mais la loi d'accroissement n'est pas encore bien connue et l'on ne peut pas être fixé sur le chiffre de la résistance à de grandes vitesses.

Résistance additionnelle sur les rampes. — Sur les rampes la composante du poids a une grande influence sur la résistance totale. Sur une rampe de 5 millièmes elle dépasse déjà celle du frottement.

Résistance additionnelle dans les courbes. — Dans les courbes le frottement occasionné par la fixité des roues sur les essieux augmente avec la largeur de la voie; et celui occasionné par le parallélisme des essieux, avec la distance des essieux extrêmes.

Le frottement occasionné par la force centrifuge augmente comme le carré de la vitesse, et en raison inverse du rayon de courbure.

On n'a pas encore déterminé exactement la résistance dans des courbes de rayon donné à des vitesses données.

Discussion de la formule. — De la discussion de l'équation du travail il résulte :

1° Que l'on diminue la résistance en diminuant le diamètre des fusées et en augmentant le diamètre des roues.

C'est pour diminuer le diamètre des fusées que l'on place ordinairement dans les wagons les fusées à l'extérieur des roues.

L'augmentation du diamètre des roues est limitée par la nécessité de ne pas rendre le chargement et le déchargement des wagons trop difficiles, de ne pas en augmenter le poids mort outre mesure, et de ne pas en diminuer la stabilité en augmentant la tendance au renversement latéral.

2° Qu'on réduit considérablement la résistance totale en diminuant la vitesse.

3° Que le passage dans les courbes donne lieu à une augmenta-

tion de résistance d'autant plus grande *par unité de distance parcourue* que le rayon est plus petit.

4° Que, dans tout changement de direction du tracé, le travail résistant *total* propre au parcours de la partie courbe qui raccorde les deux alignements droits est sensiblement indépendant du rayon de courbure ; mais que la grandeur de celui-ci n'est pas pour cela tout à fait indifférente dans l'appréciation de la dépense finale de traction, puisque toute réduction du rayon ou du développement de la courbe correspond à un allongement du parcours total ou à un petit surcroît de travail sur l'alignement droit.

Qu'ainsi, en augmentant le rayon des courbes à grands frais, on a bien moins pour objet de diminuer le travail sur les alignements que de réduire le travail résistant par unité de distance parcourue en courbe, de façon qu'il ne dépasse pas certaines limites dans les circonstances les plus défavorables, limites au-dessus desquelles les machines éprouveraient une fatigue et une usure excessive.

Surélévation du rail extérieur dans les courbes. — On diminue la résistance occasionnée par la force centrifuge en surélevant dans les courbes le rail extérieur. Il ne faut pas craindre, dans le double intérêt de la facilité et de la sécurité de la circulation, de baser l'inclinaison transversale de la voie sur la plus grande des vitesses avec lesquelles les trains de voyageurs pourront avoir à parcourir chaque courbe.

Résistances accidentelles. — Les résistances accidentelles proviennent :

1° De l'état d'entretien de la voie et du matériel roulant ;

2° De l'imperfection naturelle de ces deux éléments du chemin de fer ;

3° De l'action du vent.

On a mesuré l'influence du vent et on a trouvé :

Que, si le vent souffle en sens contraire de la marche du convoi, son influence comme cause de résistance n'est pas très-grande.

Mais que, lorsqu'il souffle latéralement au convoi, il peut, dans certains cas, doubler la résistance.

Résistances sur chemins de fer et autres voies. — Comparant

les résistances totales sur les chemins de fer de niveau et en ligne droite à celle des routes et des canaux, on trouve :

Qu'à des vitesses modérées la résistance sur une bonne route est de huit à dix fois aussi grande que sur un chemin de fer;

Qu'à de très-faibles vitesses elle est sur les canaux le quart ou le cinquième de ce qu'elle est sur un chemin de fer; mais que, la vitesse croissant, elle dépasse bientôt la résistance sur les chemins de fer.

THÉORIE DES LOCOMOTIVES.

Problème à résoudre. — *Quelle est la charge que peut traîner à une vitesse donnée une machine locomotive de dimensions données?*

Tel est le problème à résoudre, et, pour le résoudre, il faut établir une équation entre le travail moteur et le travail résistant, équation établissant une relation entre la charge, la vitesse et les dimensions de la machine. La même équation sert à déterminer la vitesse, la charge et les dimensions de la machine étant données, ou l'une des dimensions de la machine, la charge, la vitesse et les autres dimensions étant données.

Adhérence. — La charge traînée dépend :

1° De la puissance de la machine;

2° De l'adhérence des roues motrices.

L'adhérence varie suivant l'état des rails. On a admis pendant longtemps qu'elle était en moyenne de 1/6 du poids qui la produit, ou, en d'autres termes, que, eu égard à l'adhérence, on pouvait utiliser un effort de traction égal à 1/6 du poids porté par les roues motrices ou par les roues couplées avec les roues motrices.

Puissance. — Quant à la puissance de la machine, on ne peut l'apprécier qu'en se rendant compte du travail moteur et du travail résistant.

Le travail moteur se divise en trois périodes : travail 1° pendant l'admission ; 2° pendant la détente; 3° pendant l'échappement anticipé. Le travail résistant se divise en travail 1° pendant l'échappe-

ment; 2° pendant la compression; 3° pendant la marche à contre-vapeur.

Le travail pendant l'admission et pendant l'échappement dépend de circonstances variées qui n'ont pu jusqu'à présent être soumises au calcul; il devient donc impossible d'établir une équation entre le travail moteur et le travail résistant. — On se contente de formules empiriques.

On se base, pour établir ces formules empiriques, sur le raisonnement et sur les résultats d'expériences.

Résultats d'expériences. — Voici quelques données sur le travail de la vapeur dans les machines et sur les résultats d'expériences.

Production de vapeur. — La production de vapeur serait à de petites vitesses (25 kil. par heure) de 25 à 26 kilogr. par mètre carré de surface de chauffe totale. A des vitesses de 40 à 45 kil. par heure de 30 kilogr., et à des vitesses de 70 kil. de 38 kilogr.

Le rapport entre la production moyenne de vapeur par mètre carré de surface de chauffe par rayonnement et de surface de chauffe par contact, dans les conditions de marches habituelles, serait, d'après des expériences récentes, d'environ 4 à 1.

Perte de pression. — La perte de pression dans le passage de la chaudière aux cylindres varie : 1° avec l'ouverture du régulateur; 2° avec les dimensions et les sinuosités des conduits, 3° avec l'orifice maximum des lumières; 4° avec la vitesse du piston; 5° avec la quantité d'eau entraînée par la vapeur dans les conduites ou provenant de la condensation.

Dans les machines munies de la coulisse Stephenson, elle croît rapidement à mesure que l'on détend davantage. Cela tient à ce que, pour les fortes détentes, le tiroir ne découvre plus les lumières que de quelques millimètres.

Les machines à coulisses ne marchent dans des conditions avantageuses qu'autant que la pression dans la chaudière est très-élevée et les dimensions des cylindres considérables.

Détente. — Lorsqu'on détend au quart de la course, le travail de la détente est égal à celui de l'admission.

Elle est considérablement augmentée par le mélange de l'eau entraînée avec la vapeur. Elle peut être triplée.

La quantité de vapeur produite par la chaudière est généralement insuffisante pour qu'on puisse marcher à pleine vapeur dans les meilleures conditions. La marche la plus avantageuse pour le développement de la puissance est celle qui correspond à une admission de 66 à 75 p. 100 de la course, suivant les machines

Échappement anticipé. — La perte de force expansive par l'échappement anticipé est très-peu sensible. Elle est presque nulle et plus que compensée par la diminution de contre-pression.

Eau entraînée ou condensée. — La quantité d'eau entraînée ou condensée augmente avec la détente.

Pression soufflante. — La pression soufflante varie comme le vide dans la boîte à fumée, quelle que soit la détente.

Vide dans les deux boîtes. — Le vide dans la boîte à fumée croît de manière très-différente avec la puissance soufflante dans les différentes machines. Le vide croît avec la pression soufflante même aux plus grandes vitesses.

Le rapport du vide dans la boîte à feu au vide dans la boîte à fumée varie de un tiers à un quart.

Consommation de coke. — On marche économiquement toutes les fois que le poids d'eau évaporée par kilogramme de coke atteint 9 kilogrammes.

Surface de chauffe et de grille. — Le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille dans les machines récemment construites varie de 72 : 1 machines à voyageurs, et 100 : 1 machines à marchandises.

Surface de chauffe du foyer et des tubes. — Le rapport entre ces surfaces est de $\frac{1}{11}$ à $\frac{1}{13}$ dans les machines à voyageurs; de $\frac{1}{14}$ à $\frac{1}{15}$ dans les machines à marchandises.

Surface de chauffe et volume de vapeur par coup de piston. — La partie variable du rapport $\frac{S+S'}{d^2 l}$ doit se rapprocher de l'unité ou lui être égale.

Section des tuyaux. — Le rapport entre la section du tuyau qui conduit la vapeur aux boîtes et celles du piston doit être de 1 à 10;

le rapport entre la section des lumières et l'aire du piston également de 1 à 10. La section du tuyau d'échappement doit, pour chaque cylindre, être égale à celle du tuyau de prise de vapeur.

NOUVEAUX SYSTÈMES

Machines électriques. — L'électricité, dans l'état actuel de la science, ne peut être appliquée avec avantage aux machines locomotives ni comme moteur ni comme moyen d'augmenter l'adhérence.

Machines rotatives. — Les machines rotatives ne peuvent être appliquées avec avantage à la locomotion.

Système Laignel. — Le système Laignel ne présente des avantages que pour des petites lignes, sur lesquelles on marche à de petites vitesses.

La plus grave objection au système Laignel est que, s'il diminue incontestablement le travail nécessaire pour opérer un certain changement de direction, il laisse encore subsister une résistance qui devient excessive par unité de distance parcourue dans des courbes dont le rayon ne dépasse pas 50 mètres.

Machines à air comprimé. — La vapeur est, dans tous les cas, sur les chemins de fer, préférable à l'air comprimé ou à l'air chaud comme moteur.

La plus grave objection faite à l'emploi de l'air comprimé est de ne permettre d'emmagasiner dans le tender que l'approvisionnement d'une quantité de force motrice très-inférieure à celle qu'on emmagasine en se servant de vapeur.

Systèmes divers pour augmenter l'adhérence. — On a tenté, sans grande utilité, différents moyens d'augmenter l'adhérence des roues de locomotives. L'adhérence sur les pentes les plus fortes en usage sur les chemins de fer, il y a quelques années, était, à l'exception de quelques cas particuliers, en rapport avec la puissance. Mais voulant aujourd'hui gravir de hautes montagnes ou moyen de rampes qui atteindraient 5 à 6 centimètres, et ayant un peu diminué le rapport du poids à la puissance, on se trouve conduit à re-

chercher les moyens d'augmenter artificiellement l'adhérence. Remarquons toutefois que, ces moyens trouvés, on hésitera encore à faire usage des locomotives sur de fortes pentes, à cause de leur défaut de puissance pour traîner une charge suffisante.

Appareils fumivores. — Un appareil, celui de M. Tembrinck, brûle les houilles de *toute nature*. Pour des houilles non fumeuses on peut employer divers appareils que nous avons décrits.

DOCUMENTS

CAHIERS DES CHARGES

ANCIENS ET NOUVEAUX

POUR LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER

(EXTRAIT DES CLAUSES PRINCIPALES RELATIVES A LA CONSTRUCTION)

1. — Cahier des charges pour la construction du chemin de fer de Paris a Strasbourg (premier réseau) novembre 1845.

Le poids des rails variera de 30 à 35 kilogrammes par mètre

La voie sera double sur tout le parcours du chemin de fer.

Largeur	de la voie entre les bords intérieurs des rails. . .	1m,44
—	de l'entre-voie.	1m,80
—	des accotements sur remblais.	1m,50
—	— — en tranchée, entre les parapets des ponts et les parois des souterrains.	1m,00

Les alignements devront se rattacher suivant des courbes dont le rayon minimum est de 800 mètres, et, dans le cas de ce rayon minimum, les raccordements devront, autant que possible, s'opérer sur des paliers horizontaux

Le maximum des pentes et rampes du tracé n'excédera pas 5 millimètres par mètre.

Toutefois, si ultérieurement le chemin était prolongé jusqu'à Sarrebruck, une pente de 7 millimètres et demi serait tolérée dans le voisinage de la frontière.

La Compagnie aura la faculté de proposer aux dispositions de cet article comme à celles de l'article précédent les modifications dont l'expérience pourra indiquer l'utilité et la convenance; mais ces modifications ne pourront être exécutées que moyennant l'approbation préalable et le consentement formel de l'administration supérieure.

A moins d'obstacles locaux dont l'appréciation appartiendra à l'administration, le chemin de fer, à la rencontre des routes royales et départementales, devra passer soit au-dessus soit au-dessous de ces routes

Les croisements de niveau seront tolérés pour les chemins vicinaux, ruraux ou particuliers

Lorsque le chemin de fer devra passer au-dessus d'une route royale ou départementale, ou d'un chemin vicinal, l'ouverture du pont ne sera pas de moins de 8 mètres pour la route impériale, de 7 mètres pour la route départementale, de 5 mètres pour le chemin vicinal de grande communication et de 4 mètres pour le simple chemin vicinal. La hauteur sous clef, à partir de la chaussée de la route, sera de 5 mètres au moins; pour les ponts en charpente, la hauteur sous pont sera de 4^m,30 au moins; la largeur entre les parapets sera au moins de 7^m,40, et la hauteur de ces parapets de 0^m,80 au moins.

Lorsque le chemin de fer devra passer au-dessous d'une route royale ou départementale, ou d'un chemin vicinal, la largeur entre les parapets du pont qui supportera la route ou le chemin de fer sera fixée au moins à 8 mètres pour la route royale, à 7 mètres pour la route départementale, à 5 mètres pour le chemin vicinal de grande communication et à 4 mètres pour le simple chemin vicinal.

L'ouverture du pont entre les culées sera au moins de 7^m,40, et la distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails ne sera pas moindre de 4^m,30.

Lorsque le chemin de fer traversera une rivière, un canal ou un cours d'eau, le pont aura la largeur de voie et la hauteur de parapet fixées précédemment.

Quant à l'ouverture du débouché à la hauteur sous clef au-dessus des eaux, elles seront déterminées par l'administration, dans chaque cas particulier, suivant les circonstances locales.

S'il y a lieu de déplacer les routes existantes, la déclivité des pentes ou rampes sur les nouvelles élévations ne pourra pas excéder 3 centimètres par mètre pour les routes impériales et départementales, 5 centimètres pour les chemins vicinaux.

L'administration restera libre toutefois d'apprécier les circonstances qui pourraient motiver une dérogation à la règle précédente.

Dans le cas où des routes royales ou départementales ou des chemins vicinaux, ruraux ou particuliers seraient traversés à niveau par le chemin de fer, les rails ne pourront être élevés au-dessus ou abaissés au-dessous de la

surface de ces routes ou chemins de plus de $0^m,03$. Les rails et le chemin de fer devront en outre être disposés de manière à ce qu'il n'en résulte aucun obstacle pour la circulation.

Les souterrains à deux voies devront avoir $7^m,40$ au moins de largeur entre les pieds droits au niveau des rails et $5^m,50$ de hauteur sous clef. La distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails extérieurs de chaque voie sera au moins de $4^m,30$.

II. — Cahier des charges pour la construction du chemin de fer de Blesmes à Gray (deuxième réseau), 26 mars 1852.

Terrains achetés et travaux d'art exécutés pour deux voies. Une seule voie posée. Les terrassements pourront être exécutés pour une voie seulement.

La deuxième voie devra être posée dès que l'insuffisance d'une seule voie, par suite de l'accroissement de la circulation, sera constatée par l'administration.

Largeur de la voie, de l'entre-voie comme au cahier des charges de Paris à Strasbourg.

Largeur des accotements, la même pour les remblais et les tranchées, portée à $1^m,35$ entre les parapets des ponts et dans les souterrains.

Alignements se rattachant par des courbes d'un rayon minimum de 500 mètres au lieu de 800 mètres.

Maximum des pentes ou rampes fixé à 6 millimètres par mètre au lieu de 5 millimètres

Même prescription pour les passages à niveau, plus souvent tolérés cependant.

Dimensions des ponts au-dessus des routes, les mêmes qu'au cahier des charges de Paris à Strasbourg, à cette différence près que la largeur entre les parapets est réduite à $7^m,40$.

Pour les ponts au-dessus du chemin de fer, mêmes dimensions que celles prescrites par le cahier des charges précédent, avec cette différence cependant que l'ouverture minima du pont entre les culées est portée à 8 mètres au lieu de $7^m,40$, et la distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails à $4^m,50$ au lieu de $4^m,30$.

Même rédaction pour l'établissement de ponts sur les cours d'eau, pour le déplacement des routes existantes et pour la disposition des rails aux passages à niveau.

Largeur des souterrains à deux voies portée à 8 mètres au lieu de $7^m,40$. Hauteur sous clef $5^m,50$; distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails extérieurs de chaque voie portée à $4^m,75$ au lieu de $4^m,30$.

Un souterrain à une seule voie, large de $4^m,50$, toléré pour le passage des vallées de la Marne et de la Saône.

III. — Cahier des charges pour l'exécution du chemin de fer de Carmeaux a Alby, adopté pour l'exécution des chemins du troisième réseau. 27 avril 1854.

Voie simple. Terrain pouvant être acheté, et travaux d'art ou de terrassement exécutés pour une seule voie.

Mêmes dimensions de la voie et des accotements que pour le chemin de Paris à Strasbourg.

Minimum du rayon des courbes, 300 mètres au lieu de 500 et de 800

Maximum de déclivité des pentes ou rampes, 15 millimètres au lieu de 6 et de 5 millimètres, avec faculté de proposer des modifications aux dispositions de cet article

Dimensions des ponts et des souterrains, comme au cahier des charges pour l'exécution du chemin de fer du second réseau.

Autres clauses de même.

IV — Cahier des charges pour le chemin de la Dombes (troisième réseau).

Ce cahier des charges ne diffère de celui de Carmeaux a Alby qu'en ce que 1° la largeur de l'entre-voie est fixée à 2 metres au lieu de 1m,80, 2° la largeur des accotements à 1 mètre avec banquette de 0m,50 au pied des talus de ballast; 3° la distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails extérieurs de chaque voie ne sera pas inférieure à 4m,85 au lieu de 4m,75

TABLEAU

DES OPÉRATIONS A FAIRE ET DES PIÈCES A PRODUIRE DANS LA RÉDACTION DES PROJETS DÉFINITIFS DE CHEMINS DE FER.

DÉTAIL DES OPÉRATIONS.	DÉSIGNATION de L'UNITÉ.	NUMÉROS DES PRIX	PRIX. fr.	c.
CHAPITRE Ier. LEVÉE ET DESSIN DES PLANS PARCELLAIRES ET EXTRAITS DES MATRICES CADASTRALES.				
1. Levée et construction du plan parcellaire. (Art. 1 à 7.) — Pour une largeur de 200 à 250 mètres dans le parcellaire ordinaire..... Et de 100 à 120 mètres seulement dans les agglomérations de maisons	le kil. de chemin de fer.	1	70	»
Pour chaque mètre de largeur de plus demandé par l'ingénieur......... dans le parcellaire ordinaire	Id.	2	0	35
dans les agglomérations de maisons.. ..	Id.	3	0	70
2. Levée et construction des plans des abords des routes, chemins et cours d'eau traversés. (Art. 8.) — Somme fixe..........................	le plan	4	5	»
En sus par hectare..................	l'hectare.	5	5	»
3. Confection des calques du cadastre et des extraits de la matricule des rôles. (Art. 9 et 10.)...............	le kil. de chemin de fer	6	20	»
CHAPITRE II. CONFECTION DES PLANS ET DES ÉTATS INDICATIFS D'EXPROPRIATION ET PRÉPARATION AU BORNAGE.				
4. Tracé sur le plan parcellaire des emprises de terrain à exproprier et calculs des surfaces de ces terrains. (Art. 12.)...........................	Id.	7	20	»
5. Copie en triple expédition de la minute du plan parcellaire. (Art. 13.)................................	Id.	8	30	»
6. Fourniture des plans autographiés. (Art. 14.) — Composition et correction des plans et titres..........................	le mètre courant de plan	9	17	»
Papier vergé..........................	Id.	10	0	30
Papier mécanique..........................	Id.	10 bis	0	10
Tirage de 1 à 100 exemplaires........	Id.	11	10	»
Assemblage, collage et lavis	Id.	12	0	20
Collage sur toile......................	Id.	13	1	»
7. États parcellaires (art. 16) en double expédition........	le kil. de chemin de fer	14	16	»
8. États indicatifs des terrains, en triple expédition, y compris le carton pour le dossier des enquêtes. (Art. 15.) ..	Id.	15	21	»
9. Rigole, piquetage et bornage des terrains à exproprier (Art. 16.)................................	le kil. de rigoles.	16	35	»
10. Fourniture en double expédition d'extraits du plan parcellaire et des notes descriptives devant servir pour le bornage contradictoire dans les actes de vente. (Art. 17.)	le kil. de chemin de fer.	17	60	»
11. Levée et calculs spéciaux des terrains à exproprier après le rigolage. (Art. 17.)................................	Id.	18	30	»

DÉTAIL DES OPÉRATIONS.			DÉSIGNATION de L'UNITÉ.	NUMÉROS DES PRIX.	PRIX.
CHAPITRE III. Occupations temporaires.					fr c.
12. Opérations relatives aux occupations temporaires. (Art. 18.)	Extrait du plan cadastral et de la matrice des rôles........	à payer par parcelle...........	la parcelle.	19	0 25
		à payer en sus par hectare........	l'hectare.	20	1 »
	Levée et construction du plan parcellaire...	à payer par parcelle...........	la parcelle.	21	1 25
		à payer en sus par hectare... .. .	l'hectare.	22	5 »
	États indicatifs et calculs des terrains à occuper........	à payer par parcelle..........	la parcelle.	23	0 50
		à payer en sus par hectare.	l'hectare.	24	2 »
	État des lieux contradictoire.	à payer par parcelle...........	la parcelle.	25	2 »
		à payer en sus par hectare..... ..	l'hectare.	26	5 »
	Rapport donnant les bases de l'estimation	à payer par parcelle...........	la parcelle.	27	1 »
		à payer en sus par hectare.........	l'hectare.	28	3 »
CHAPITRE IV. Estimation des terrains.					
13. Relevé des ventes amiables et publiques. (Art 19.).....			le kil. de chemin de fer.	29	20 »
14. Confection des procès-verbaux de classement. (Art. 20.).			Id.	30	10 »
15 Confection des états d'estimation des terrains à exproprier. (Art. 20.)...................................			Id.	31	50 »
16. Fournitures des notes explicatives des offres faites pour les terrains dont l'indemnité sera réglée par le jury. (Art. 21.)................................			Id.	32	10 »
CHAPITRE V. Clôtures provisoires et définitives du chemin de fer					
17. Tracé des clôtures et des haies, compris piquetage et rigolage. (Art. 22, 23 et 24.).........................			Id.	33	30 »
CHAPITRE VI. Terrier et plan parcellaire.					
18. Confection, reliure et cartonnage du terrier. (Art. 25 et 26.)			Id.	34	50 »
CHAPITRE VII. Bornage contradictoire définitif des terrains acquis.					
19 Levée construction du plan, minute et calculs relatifs aux plans de bornage définitif (Art. 27, 28, 29 et 30).......			Id.	35	100 »
20. Rédaction du procès-verbal de bornage. (Art. 31)			Id.	36	25 »
21. Obtention des signatures des riverains et avertissements des juges de paix. (Art. 32.)............			Id.	37	30 »
22. Confection, reliure et cartonnage de deux expéditions des plans et procès-verbaux de bornage. (Art. 33 et 34.).			Id.	38	30 »
23. Fourniture, transport et pose des bornes. (Art. 35, 36, 37, 38 et 39.).....	Grosses bornes...		la pièce.	39	2 40
	Petites bornes....		Id.	40	» 90
24. Honoraires de chaque vacation de trois heures employées à des opérations non prévues au cahier des charges..........	Pour l'entrepreneur ...		la vacation.	41	4 »
	Pour un géomètre sous ses ordres..........		Id.	42	3 »

NOTE

SUR LES FRAIS DE TRANSPORT DE TERRASSEMENT ET DE BALLAST

PAR M. BRABANT

Ingénieur, chef d'arrondissement aux chemins de fer de l'Est.

Les transports par les moyens ordinaires, la brouette et le tombereau, et même ceux au camion et à dos de mules, ne comportent qu'un petit nombre d'éléments. Les moyens à employer sont simples et d'un usage général; aussi les prix de transport sont-ils jusqu'à un certain point indépendants des volumes à transporter et du temps accordé pour l'exécution. Il suit de là qu'on peut établir aisément des formules qui donnent avec assez d'exactitude les prix de transport avec les seuls éléments suivants :

1° Prix de main-d'œuvre;

2° Poids des terres;

3° Nature du sol sur lequel on roule.

Il n'en est pas de même pour les transports en wagons, parce que les moyens sont d'un établissement très-coûteux et très-compliqué, et qu'indépendamment des trois éléments qui précèdent il y a les quatre suivants, qui ont une grande influence sur les prix de transport :

1° L'importance des volumes à transporter;

2° Les distances de transport:

3° Le temps accordé pour l'exécution;

4° Le matériel des voies en fer et des wagons, et les conditions dans lesquelles on se trouve pour se le procurer et pour s'en défaire avec plus ou moins de perte après les travaux achevés.

Limite des volumes. — Les transports en wagons sur voies provisoires exigent des frais d'établissement considérables, qui sont loin de croître dans le même rapport que les volumes transportés, et dans lesquels on ne peut rentrer qu'avec des cubes d'une certaine importance; il s'ensuit que, plus les volumes à transporter sont faibles, plus les prix de transport sont élevés, et que, par suite, à moins d'avoir un matériel sur place, les transports sur voies provisoires cessent d'être praticables pour les cubes qui n'atteignent pas au moins 25,000 mètres.

Limite de distance. — D'un autre côté, il y a avec les transports au wagon, à la charge et à la décharge, des frais de remaniement et diverses mains-d'œuvre qui n'existent pas pour les autres modes de transport et qui

s'élèvent de 0f,20 à 0f,25 par mètre cube. A cette dépense il faut ajouter celle des wagons, des changements de voie et quelquefois d'autres appareils dont on a besoin sur les points de chargement et de déchargement. Tous ces frais étant indépendants des distances parcourues, il s'ensuit que, pour de faibles distances, les transports en wagons coûtent plus que ceux au tombereau. Les distances minimum variables suivant les volumes à transporter peuvent descendre :

Pour des cubes de 100,000 mètres à 300 mètres ;

Et pour des cubes de 25,000 mètres à 500 mètres.

Cas exceptionnels où l'on descend pour les volumes à transporter et pour les distances de transports au-dessous des limites indiquées. — Quoi qu'il en soit, il arrive quelquefois que, les transports au tombereau étant impraticables, soit à cause de la nature ou de la position du sol, soit à cause de la saison, on est conduit à avoir recours aux transports en wagons pour des volumes et pour des distances fort au-dessous de celles qui sont indiquées ci-dessus comme des minimum.

Formules. — Il suit de la multiplicité des éléments qui doivent entrer dans les formules pour transports en wagon et de la complexité de quelques-uns, qu'elles ne peuvent rigoureusement être établies que pour des cas spéciaux et qu'après une estimation préalable des frais de toute espèce, et notamment de ceux de matériel, pose de voies, dépose, repose, etc.

Cependant, comme ces sortes d'estimation exigent du temps et des recherches, et qu'il est souvent utile de pouvoir apprécier à peu près les prix de transports en wagon dans différents cas, on a donné ci-après trois formules dans lesquels il est tenu compte des principaux éléments qui forment la base des prix dans les cas les plus ordinaires. Ces formules sont applicables pour des transports avec wagons ordinaires de terrassements, traînés sur voies provisoires par des chevaux marchant au pas

La formule n° 1 est de M. Duvignaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées : elle a été faite pour des travaux de la 2e section du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, exécutée entre Poitiers et Libourne.

On faisait varier, suivant les circonstances, les constantes en chiffres. Celles qui sont ici se rapportent à la tranchée des Bachées, contenant un volume de déblais de 60,000 mètres transportés à une distance moyenne de 1,700 mètres, avec wagons neufs et voies provisoires formées de bandes de fer de 0m,075 sur 0m,02 posées de champ sur de petites traverses en bois blanc.

Les prix résultant de cette formule ont été sensiblement ceux de revient payés par l'entrepreneur qui a exécuté les terrassements de cette tranchée.

La seconde formule a été appliquée au chemin du Nord pour le cas où la plus grande partie des voies provisoires serait formée avec des rails définitifs et l'autre partie avec des rails provisoires,

La troisième formule a été faite par moi en 1847 dans le but de calculer approximativement les frais de transports en wagon pour les tranchées qui

étaient à ouvrir sur la ligne de Lille à Dunkerque. Cette formule suppose qu'on aura un matériel de wagons neufs circulant sur des voies provisoires formées avec un matériel provisoire; mais elle peut être appliquée sans erreur bien sensible au cas où l'on ferait usage de matériel définitif, parce que les dépenses ne diffèrent pas beaucoup et qu'elles sont même à peu près égales quand les volumes à transporter ont une certaine importance.

Ce qui fait croire à beaucoup de personnes à une grande différence dans la dépense, suivant qu'on fait usage d'un matériel provisoire ou d'un matériel définitif, c'est que, dans ce dernier cas, on porte souvent beaucoup trop bas la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, parce qu'au lieu de compter la moins-value tout entière, on n'en compte souvent que la plus faible part.

En faisant usage, pour l'exécution, d'un matériel provisoire, on a l'avantage de pouvoir livrer à l'exploitation un matériel neuf, mais les transports se font moins vite et moins aisément, et l'on est obligé de payer tout de suite la moins-value du matériel de voies provisoires. D'une part, les frais de pose et d'entretien sont moins élevés; mais, d'autre part, les frais de traction et l'entretien des wagons coûtent davantage. En faisant usage du matériel définitif pour les voies provisoires, on se donne des facilités de transport et par suite les moyens d'activer les travaux. Les dépenses les plus fortes de moins-value du matériel des voies se trouvent tout naturellement reportées sur un avenir éloigné, mais on est presque toujours obligé de livrer à l'exploitation un matériel plus ou moins défectueux. Cet inconvénient n'est pas, du reste, aussi grave qu'on pourrait le penser, parce qu'il est presque toujours possible d'employer le matériel défectueux soit dans les gares, soit sur des embranchements de peu d'importance.

Le choix à faire pour les voies provisoires entre les deux espèces de matériel dépend de la position dans laquelle on se trouve.

Nous n'insisterons pas ici davantage sur les différences qui peuvent exister entre les moins-values d'un matériel définitif et celles d'un matériel provisoire, parce que les grandes différences que l'on fait trop ordinairement ne portent guère que sur les rails, et que nous donnerons sur cet objet des détails assez étendus à la fin de cette note.

Nous passerons donc tout de suite aux trois formules annoncées d'autre part, concernant les transports avec wagons de terrassements ordinaires, remorqués par des chevaux.

(1) *Première formule* pour le transport de terrassements en wagon, appliquée par M. l'ingénieur en chef Duvignaud, sur les parties du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux situées aux environs de Vivonne.

Elle comprend les mains-d'œuvre supplémentaires pour chargement et déchargement, les faux frais, le bénéfice de l'entrepreneur, la fourniture des wagons et des voies formées de bandes en fer de 0,075 sur 0,02 posées de champ et sans coussinets sur de petites traverses en bois blanc.

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la première fois :

$$\left[\left(\frac{L+8}{M}\times 900^f\right)+0^f,25+0^f,045\ D\pm D\ I\right]$$

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la seconde fois :

$$\left[\left(\frac{L+8}{M}\times 250^f\right)+0^f,25+0^f,045\pm D\ I\right]$$

Dans lesquelles :

L représente la longueur cumulée des déblais et des remblais exprimees en hectomètres;

M le volume des déblais transportés, exprimés en mètres;

D la distance entre les centres de gravité des déblais et des remblais exprimés en kilomètres;

I la déclivité.

(2) *Seconde formule*, appliquée au chemin du Nord pour des transports en wagons, y compris la main-d'œuvre pour chargement et déchargement, les faux frais et le bénéfice de l'entrepreneur.

Le prix du transport en wagons sera déterminé par la formule

$$X=\frac{15\ D+2.000}{M}+0^f,00031\ D+0^f,40$$

Dans laquelle :

D représente la distance du transport exprimée en mètres;

M le cube total du déblai à transporter au wagon.

Dans cette formule on suppose :

1° Que la longueur des voies provisoires avec rails définitifs serait 5 D;

2° Que la longueur des voies provisoires, établies sans rails définitifs, serait 300 mètres;

3° Que le développement total des voies posées, déplacées ou enlevées pour l'exécution des travaux, serait 6 D.

Il sera tenu sur le chantier attachement contradictoire de ces diverses longueurs, et la valeur des différences avec les quantités prévues ci-dessus sera décomptée à l'entrepreneur, soit en plus, soit en moins, au prorata des prix n°s 7, 8 et 9.

(3) *Troisième formule*, faite par moi en 1847 dans le but de calculer approximativement les frais de transport en wagon pour la tranchée à ouvrir sur la ligne de Lille à Dunkerque

Elle comprend la fourniture et l'entretien de matériel wagon et voies provisoires formées avec un matériel provisoire [1], les frais de pose, depose, repose

[1] Pour des cubes d'une certaine importance, elle peut être appliquée au cas où les voies provisoires seront formées avec le matériel définitif.

A. TABLEAU DES PRIX POUR TRANSPORT D'UN MÈTRE CUBE DE DÉBLAI OU DE BALLAST AVEC WAGONS DE TERRASSEMENT ORDINAIRES TRAINÉS PAR DES CHEVAUX SUR DES VOIES PROVISOIRES.

DISTANCE des TRANSPORTS.	INDICATION DES VOLUMES ET DU PRIX DES TRANSPORTS.							OBSERVATIONS.
	25000	50000	75000	100000	150000	200000	300000	
1° D'après les formules de M. Duvignand avec wagons et voies provisoires servant pour la première fois $\left[\left(\frac{L+6}{M}\times 900^f\right)+0,25+0,045\pm DI\right]$								M. Volume à transporter exprimé en mètres cubes. D. Distance des transports exprimée en hectomètres. L. Distance entre les extrémités des déblais et des remblais exprimée en hectomètres. I. Déclivité.
500	1,231	0,853	0,727	0,664	0,601	0,570	0,538	
1000	1,636	1,168	1,012	0,934	0,856	0,817	0,778	
1500	1,041	1,483	1,297	1,204	1,111	1,065	1,018	
2000	2,446	1,798	1,582	1,474	1,366	1,312	1,258	
2500	2,851	2,113	1,867	1,744	1,621	1,560	1,498	
3000	3,256	2,428	2,152	2,014	1,876	1,807	1,738	
2° D'après une formule employée au chemin du Nord avec wagons de terrassement et voies provisoires formées avec les rails définitifs sur la presque totalité de la distance à parcourir. $\left[\frac{15D+2000}{M}+0^f,00031D+0^f,40\right]$								M. Volume exprimé en mètres cubes. D. Distance de transport exprimée en mètres courant.
500	0,935	0,745	0,682	0,650	0,618	0,603	0,587	
1000	1,390	1,050	0,937	0,880	0,823	0,795	0,767	
1500	1,845	1,355	1,192	1,110	1,028	0,988	0,947	
2000	2,300	1,660	1,447	1,340	1,233	1,180	1,127	
2500	2,755	1,965	1,702	1,570	1,438	1,373	1,307	
3000	3,210	2,270	1,957	1,800	1,643	1,565	1,487	
3° D'après une formule de M. Brabant faite dans le but d'estimer les prix de transport des déblais au wagon à faire dans la tranchée de Lille à Dunkerque avec wagons neufs et voies provisoires, ces voies étant supposées horizontales et le poids des déblais être de 1600 kilogr. $\left(\frac{D+20}{M}\times 0^f,50\right)+0^f,40+0^f,04D$								M. Volume à transporter exprimé en milliers de mètres. D. Distance des transports en hectomètres.
500	1,100	0,850	0,767	0,725	0,683	0,663	0,642	
1000	1,400	1,100	1,000	0,950	0,900	0,875	0,850	
1500	1,700	1,350	1,233	1,175	1,116	1,088	1,058	
2000	2,000	1,600	1,467	1,400	1,333	1,300	1,267	
2500	2,300	1,850	1,700	1,625	1,550	1,513	1,475	
3000	2,600	2,100	1,933	1,850	1,766	1,725	1,683	

Les différences que l'on remarque dans les prix tiennent à plusieurs causes dont les principales me paraissent être les suivantes :

1° La manière de voir les choses qui est bien rarement la même dans des appréciations de cette espèce.

2° Les circonstances différentes dans lesquelles on se trouvait sur les lignes pour lesquelles ces formules ont été dressées.

B. TABLEAU COMPARATIF DES PRIX MOYENS POUR LE TRANSPORT SUR VOIES HORIZONTALES D'UN MÈTRE CUBE DE TERRE OU DE BALLAST DU POIDS MOYEN DE 1 600 KILOGR.

DISTANCE DES TRANSPORTS	INDICATION DES MODES DE TRANSPORT										
	à la brouette.	au camion traîné par des hommes.	à dos de mule.	au tombereau traîné par des chevaux	Pour un volume de 100000 mètres transportés sur voies provisoires avec wagons ordinaires de terrassement.		Pour un volume de 20 000 mètres remorqués sur voies définitives par des locomotives à une vitesse de 25 kilom. à l'heure.			Sur des cours d'eau non compris les frais de chargement et de déchargement et ceux de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi.	
					Traînés par des chevaux marchant au pas	remorqués par des loc. à une vitesse de 12 kil à l'heure	En comptant tous les frais[1].	En ne comptant pas la dépense des voies.	En comptant seulement la dépense des véhicules de transport	En grand bateau (30m cubes)	En petit bateau (2m cubes)
Formules.	0,450D	0,10 + 0,25D	0,20 + 0,25D	0,30 + 0,12D	0,50 + 0,045D	0,56 + 0,036D	0,45 + 0,01D	0,45 + 0,005D	0,20 + 0,005D	0,24 + 0,004D	0,08 + 0,008D
10	0,045	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	0,090	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	0,135	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
40	0,180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50	0,225	0,225	0,325	.	.	.	.	.	.	.	.
60	0,270	0,250	0,350	.	.	.	.	.	.	.	.
70	0,315	0,275	0,375	.		.	.	.	.	.	.
80	0,360	0,300	0,400	.		.	.	.	.	.	.
90	0,405	0,325	0,425	.	.	.	.	.	.	.	.
100	0,450	0,350	0,450	0,420	0,545	0,596	0,460	0,455	0,205	0,244	0,088
120	0,540	0,400	0,500	0,444	0,554	0,603	0,462	0,456	0,206	0,245	0,090
140	0,630	0,450	0,550	0,468	0,563	0,610	0,464	0,457	0,207	0,246	0,091
160	0,720	0,500	0,600	0,492	0,572	0,618	0,466	0,458	0,208	0,246	0,093
180	0,810	0,550	0,650	0,516	0,581	0,624	0,468	0,459	0,209	0,247	0,094
200	0,900	0,600	0,700	0,540	0,590	0,632	0,470	0,460	0,210	0,248	0,096
300	.	0,850	0,950	0,660	0,635	0,668	0,480	0,465	0,215	0,252	0,104
400	.	1,100	1,200	0,780	0,680	0,704	0,490	0,470	0,220	0,256	0,112
500	.	1,350	1,450	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475	0,225	0,260	0,120
600	.	1,600	1,700	1,020	0,770	0,776	0,510	0,480	0,230	0,264	0,128
700	.	1,850	1,950	1,140	0,815	0,812	0,520	0,485	0,235	0,268	0,136
800		2,100	2,200	1,260	0,860	0,848	0,530	0,490	0,240	0,272	0,144
900	.	2,350	2,450	1,380	0,905	0,884	0,540	0,495	0,245	0,276	0,152
1000	.	2,600	2,700	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500	0,250	0,280	0,160
1100		.	.	1,620	0,995	0,956	0,560	0,505	0,255	0,284	0,168
1200	.	.	.	1,740	1,040	0,992	0,570	0,510	0,260	0,288	0,176
1300		.		1,860	1,085	1,028	0,580	0,515	0,265	0,292	0,184
1400	.	.	.	1,980	1,130	1,064	0,590	0,520	0,270	0,296	0,192
1500	.	.	.	2,100	1,175	1,100	0,600	0,525	0,275	0,300	0,200
1600		.	.	2,220	1,220	1,136	0,610	0,530	0,280	0,304	0,208
1700	.	.	.	2,340	1,265	1,172	0,620	0,535	0,285	0,308	0,216
1800		.	.	2,460	1,310	1,208	0,630	0,540	0,290	0,312	0,224
1900	.	.	.	2,580	1,355	1,244	0,640	0,545	0,295	0,316	0,232
2000	.	.	.	2,700	1,400	1,280	0,650	0,550	0,300	0,320	0,240
2500	.	.	.	.	1,625	1,460	0,700	0,575	0,325	0,340	0,280
3000		.	.	.	1,850	1,640	0,750	0,600	0,350	0,360	0,320
4000	.	.	.	.	.	2,000	0,850	0,650	0,400	0,400	0,400
5000	.	.	.	.	.	2,360	0,950	0,700	0,450	0,440	0,480
10 000	.	.	.	.	.	4,160	1,450	0,950	0,700	0,640	0,880
15 000	.	.	.	.	.	5,960	1,950	1,200	0,950	0,840	1,280
20 000		.	.	.		.	2,450	1,450	1,200	1,040	1,680
25 000	.	.	.	.	.	.	2,950	1,700	1,450	1,240	2,080
50 000	.	.	.	.	.	.	5,450	2,950	2,700	2,240	4,080

1 Voies de fer, wagons, remaniement des déblais, déchargement, etc., etc

et entretien des voies, les mains-d'œuvre supplémentaires pour chargement et déchargement, et généralement toutes les dépenses, sauf celles de fouille et charge.

$$\left[\left(\frac{D+20}{M}\times 0^{f},50\right)+0^{f},40+0^{f},04\,D\right]$$

Dans laquelle :

D représente la distance de transport en hectomètres;

M le volume à transporter, exprimé en milliers de mètres.

On trouvera ci-contre, page 461 un tableau A dans lequel les frais de transport sont calculés d'après les formules qui précèdent pour des cubes de 25,000 à 300,000 mètres, et pour des distances de 500 à 3,000 mètres.

Enfin, comme il peut être utile de faire des comparaisons approximatives entre les prix des différents modes de transport, on a mis à la suite un tableau comparatif B, où se trouvent en regard les prix moyens de revient pour différents modes de transport : brouette, camion, mule, tombereau, wagon de terrassement traînés sur voies provisoires par des chevaux marchant au pas; wagon de terrassements traîné par des locomotives à 12 kilomètres à l'heure; plates-formes remorquées par des locomotives à 25 kilomètres à l'heure, et bateaux de différentes grandeurs.

Bases adoptées dans les calculs du tableau comparatif B. — Pour calculer les prix de transport portés au tableau comparatif B, on a supposé :

1° Que le poids des matières à transporter, déblais ou ballast, était de 1,600 kilog. par mètre cube;

2° Que tous les transports se feraient sur voie horizontale;

3° Que les volumes à transporter par wagons étaient

Sur voies provisoires, avec wagons de terrassement, de 100,000 mètres.

Sur voies définitives, avec wagons plates-formes, de 20,000 mètres.

Il est bien entendu que si les éléments changeaient les prix varieraient aussi.

Influence du poids des matières à transporter. — Dans le cas où les poids différeraient sensiblement de celui de 1,600 kilog., les prix portés aux colonnes n[os] 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 subiraient des augmentations ou des diminutions proportionnelles aux poids des matériaux à transporter.

Pour les prix portés dans les colonnes n[os] 5 et 6, dans lesquels il entre des éléments d'une grande importance qui ne varient pas comme les poids à transporter, on ne devra prendre qu'une partie des différences qui existent entre les poids réels et celui de 1,600 kil. On s'éloignerait peu de la vérité en adoptant la moitié.

Modifications résultant des rampes et des pentes. — On tiendra compte des rampes de la manière suivante :

Pour les transports à la brouette, au camion, à dos de mule et au tombereau, on ajoutera aux distances mesurées en plan un supplément égal à

10 fois la hauteur qui existe entre les centres de gravité de déblais et de remblais.

Pour les transports en wagon, on ajoutera 40 fois cette même hauteur, enfin, pour les transports en bateaux, 1,000 fois cette même hauteur quand elle sera franchie au moyen de la déclivité du courant. Quand elle sera franchie par des écluses, on comptera pour chacune de 10 à 15 minutes de temps perdu, suivant que les chutes sont plus ou moins hautes.

On tiendra compte des pentes en retranchant des distances horizontales la moitié des quantités qu'on ajoute pour les rampes.

Les réductions à effectuer ne doivent pas se faire d'une manière indéfinie : elles devront s'arrêter à la limite où la pente sera assez forte pour que les efforts nécessaires pour remonter le matériel vide égalent ou commencent à dépasser ceux à faire pour descendre le véhicule chargé. En somme, il faut peu compter sur les réductions résultant des pentes. En pratique, elles ne reçoivent que de très-rares applications.

Influence du volume à transporter. — On peut voir par le tableau A, qui se rapporte à des transports avec wagons de terrassement sur voies provisoires, que la différence entre les volumes à transporter en apportera d'assez notables dans les prix de transport. Ces différences sont beaucoup moins fortes pour des transports effectués avec des wagons plates-formes sur les voies définitives, parce que les frais d'établissement sont peu élevés et qu'il n'y a en quelque sorte à tenir compte que des dépenses proportionnelles aux volumes transportés.

Comparaison entre les prix du tableau B. — Pour que des comparaisons soient possibles entre les prix de transports effectués par les moyens ordinaires, la brouette, le tombereau, et ceux effectués en wagon, il faut que l'on tienne compte pour ces derniers de tous les frais de matériel et de supplément de main-d'œuvre à la charge et à la décharge ; c'est ce qu'on a fait ici pour les prix des colonnes nos 5, 6 et 7. Dans les prix des colonnes nos 8, 9, 10 et 11, on n'a porté qu'une partie des éléments nécessaires pour compter les transports. Aussi n'y a-t-il de comparaison à faire qu'entre les colonnes nos 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Il serait superflu de donner des détails sur les éléments qui ont servi à établir les prix des quatre premières colonnes ; mais on croit utile d'indiquer ici ceux qui sont entrés dans la comparaison des prix pour les transports en wagon. Les éléments concernant ces derniers sont, pour les colonnes nos 5, 6 et 7 :

Matériel des ateliers des voies en fer et des wagons moins-value, entretien, pose, dépose, repose, etc. ;

Transport proprement dit, frais de traction, graissage de wagons, formation des convois, manœuvres des aiguilles et nettoyage des voies ;

Déblais, remaniement à la charge, ouverture de cunette et déchargement.

Dans la colonne n° 8, on a compté tout ce qui est porté ci-dessus par les co-

lonnes nos 5, 6 et 7, excepté les dépenses concernant les voies moins-value, pose, dépose, repose, entretien.

Dans la colonne n° 9, on a compté seulement ce qui concerne les transports proprement dits, frais de matériel des véhicules employés aux transports, locomotives et wagons moins-value, entretien et graissage, frais de traction, manœuvres des aiguilles et nettoyage des voies

Dans les colonnes 10 et 11 j'ai indiqué des prix de transport en bateau ; mais ils ne peuvent être comparés avec ceux des sept premières colonnes, parce qu'ils ne contiennent ni les frais de chargement et de déchargement, ni les frais de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi. Ces frais, qui ne peuvent jamais descendre au-dessous de ceux de déchargement, au moins 0f.20, peuvent, on le conçoit, s'élever d'une manière illimitée, et par suite on ne peut leur assigner aucun chiffre.

Les prix de transport sont aussi extrêmement variables, suivant qu'on fait usage de bateaux plus ou moins grands.

Ces prix de transport proprement dit sont en raison inverse de la grandeur des bateaux dont on fait usage. Au contraire, les frais de temps perdu à la charge et à la décharge sont en raison directe de la grandeur des bateaux.

On conçoit par suite que les prix doivent varier dans des limites très-grandes qui n'ont de bornes que les dimensions des bateaux dont on peut faire usage.

Pour ne pas trop multiplier le nombre des colonnes du tableau comparatif, on s'est borné ici à indiquer les prix correspondants à deux espèces différentes, ceux d'une contenance de 30 mètres traînés par un seul cheval, et une contenance de 2 mètres traînés par un homme.

OBSERVATIONS DIVERSES

DE LA COMPARAISON QUI PEUT ÊTRE FAITE ENTRE LES PRIX PORTÉS AUX TABLEAUX A ET B QUI PRÉCÈDENT ET CEUX PORTÉS DANS UN TABLEAU DRESSÉ PAR M. BRABANT, 1838, A LA SUITE D'UNE NOTE POUR LE TRANSPORT EN WAGON DE TERRASSEMENT ET DE BALLAST, PUBLIÉE VERS 1842 DANS LE PORTEFEUILLE DE L'INGÉNIEUR DES CHEMINS DE FER, PAR MM. PERDONNET ET POLONCEAU.

Vers 1842, il a été publié, dans le *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer*, par MM. Perdonnet et Polonceau, un tableau de prix de transport que j'avais dressé en 1838 d'après ceux de revient de la tranchée de Clamart sur le chemin de Paris à Versailles, rive gauche.

Si l'on voulait établir des comparaisons entre les prix portés dans ce tableau et ceux qui se trouvent dans les tableaux A et B qui précèdent, il faudrait d'abord retrancher des premiers les fouille et charge, comprise pour 0f,60, prix de revient, payés à la tranchée de Clamart, qui a été ouverte dans une marne très-compacte, mêlée de terre et de caillasse d'une extraction très-difficile.

La comparaison qu'on pourrait faire après cette soustraction opérée ferait reconnaître que les prix de transport en wagons sont beaucoup plus élevés dans le tableau de 1838 que dans ceux qui précèdent.

Les différences tiennent aux circonstances suivantes :

1° Que ces sortes de transport ont, depuis 1838, subi une baisse à peu près égale à celle qui s'est produite sur les transports effectués dans les chemins de fer en exploitation.

Cet abaissement dans les prix de transport est dû à celui des objets de matériel et à l'expérience que l'on a acquise depuis cette époque.

2° Que les chiffres portés dans le tableau B qui précède sont des prix moyens, tandis que ceux portés dans le tableau de 1838 se rapportaient à la tranchée de Clamart, exécutée à 6 kilomètres de Paris et dans un rayon où le prix de revient des travaux est très-élevé.

3° Que les déblais de cette tranchée étaient d'un poids énorme qui dépassait la moyenne ordinaire des terres et qu'ils foisonnaient de 50 p. 100.

Enfin, que les travaux ont été, par des motifs qui n'ont pas besoin d'être exposés ici, poussés avec une activité exceptionnelle, au point que l'on a conduit par jour de 12 heures et par un seul versant jusqu'à 1,500 mètres cubes de terre mesurée au déblai.

OBSERVATIONS

SUR LES PRIX DE MOINS-VALUE DES RAILS DÉFINITIFS EMPLOYÉS DANS LES VOIES PROVISOIRES.

Des appréciations faites par MM. Thiollier et de Mondésir. — Dans deux mémoires riches de faits et d'observations judicieuses[1], MM. Pierron de Mondésir et Thiollier, ingénieurs des ponts et chaussées, ont traité avec beaucoup de talent la question de transport de terrassements en wagons.

Mais ils ont, suivant moi, évalué beaucoup trop bas la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, et, comme les chiffres qu'ils ont donnés doivent, contrairement à ce que j'ai dit au commencement de cette note, à l'occasion de la formule n° 3, faire penser que l'emploi des rails définitifs présente sur l'emploi des rails provisoires une très-grande économie, j'ai cru devoir combattre leurs chiffres et démontrer qu'ils ne contiennent qu'une partie de la moins-value, et la plus faible.

Dans son mémoire, pages 281 et 282, M. de Mondésir, parlant de la moins-value des rails et des coussinets, dit qu'il n'a pas encore été à même de calculer par l'observation sur les chantiers la moins-value du matériel. Il cite un rapport de M. l'inspecteur Kermaingant, qui aurait évalué cette moins-value à 0,50; il dit savoir qu'au chemin de Rouen, où les rails pèsent 35 kilogrammes, le mètre courant de cette moins-value a été payé 0,50 par mètre courant de rail.

Faisant remarquer que la moins-value doit croître avec l'importance des tranchées, il l'estime par mètre courant de rail à $0^f,45$, à $0^f,50$ et $0^f,55$, suivant qu'ils ont été employés dans des tranchées petites, moyennes et grandes.

Il parle ensuite des traverses, chevillettes et coins; en sorte qu'il est évident que les chiffres cités par lui s'appliquent aux rails et aux coussinets, et que, par conséquent, pour avoir la moins-value des rails, il faudrait diminuer de ces chiffres, déjà très-faibles, la part attribuée aux coussinets.

Dans son article, page 229, M. Thiollier estime la moins-value pour les rails de $4^m,50$, pesant 30 kilogrammes, à $\frac{1}{16}$ de leur valeur primitive, qu'il porte à 365^f la tonne, ce qui ferait environ $0^f,27$ par mètre courant de rails.

Pour des rails qui ont perdu une partie de leur poids par suite de l'usure, M. Thiollier compte seulement la petite quantité de matière manquante, au prix d'acquisition, sans tenir compte de l'élément bien plus important, la diminution de durée que cette petite perte entraîne, comme si des rails pouvaient servir jusqu'à ce qu'ils soient entièrement consommés, tandis qu'au contraire ils se trouvent hors de service après avoir perdu une très-faible partie de leur poids.

Pour des rails dont les arêtes sont endommagées, M. Thiollier ne compte que la main-d'œuvre d'ajustement pour mettre les rails en état de service, et

[1] Ces mémoires ont été insérés dans les 5e et 6e cahiers des *Annales des ponts et chaussées* de 1847 et 1848.

rien du tout pour le tort si important que l'usure des arêtes fait incontestablement subir aux rails, dont la durée se trouve par ce fait abrégée d'une manière extrêmement notable :

Expertise constatant la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires pour l'exécution des travaux du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux. — Dans les expertises faites sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux dans le but de constater la moins-value des rails définitifs prêtés par la Compagnie à l'État, pour servir à l'exécution des travaux, les bases qui ont servi aux évaluations étaient plutôt faibles que fortes, et elles ont donné pour la moins-value d'un mètre courant de rail :

Dans la première section.	0f,91
Dans la seconde section.	1 ,71

Dans la première section, les experts étaient : pour l'État, M. Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé du service des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord ; pour la Compagnie, M. Flachat, ingénieur en chef du chemin de fer de Saint-Germain et de Versailles.

Dans la seconde section, l'expertise a été faite par moi pour le compte de l'État, et pour le compte de la Compagnie par un de ses agents.

La base des évaluations a été celle posée dans la première expertise par MM. Maniel et Flachat.

Ce qui a donné lieu à la grande différence entre les évaluations, c'est que les rails dans la seconde section avaient beaucoup plus servi que dans la première.

A la tranchée de Clamart, la moins-value pour des rails de 4m,50 de longueur pesant 30 kilogrammes a été calculée en 1838 en prenant pour base un prix de 400f la tonne.

Les résultats de calculs ont donné pour un mètre courant de rails 1f,75.

Ils avaient supporté un mouvement de 192,000 mètres cubes de déblais transportés à une distance de 1,500 mètres sur un développement de voies de 6,000 ; soit 48,000 mètres cubes par mètre courant de voie.

Les autres objets de matériel qui entrent dans la composition des voies m'ont paru estimés d'une manière convenable dans les différentes publications parvenues à ma connaissance. Je n'en parle ici ainsi que pour dire qu'il en est de ces objets comme des rails, c'est-à-dire que la dépense de moins-value ne diffère guère, quel que soit le matériel dont on fait usage.

Je terminerai cette note par des citations extraites des passages de leur mémoire où MM. Thiollier et de Mondésir ont traité de la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, et par un procès-verbal d'expertise dressé par MM. Maniel et Flachat, dans le but de constater la moins-value des rails employés pour l'exécution des travaux dans la première section du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux.

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE INSÉRÉ DANS LE 6e CAHIER DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES EN 1847, SUR LES TRANSPORTS DE TERRASSEMENT AU WAGON SUR VOIES PROVISOIRES, PAR M. PIARRON DE MONDÉSIR, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

(Pages 281 à 292.)

Quant à l'évaluation qu'il convient de faire de la moins-value du matériel, nous n'avons pas encore pu la calculer par l'observation de nos chantiers, parce que les entrepreneurs n'ont pas encore fait la remise du matériel qui leur a été livré par l'État. M. l'inspecteur Kermaingant, dans son rapport déjà cité, porte cette moins-value à 0f,59, et nous savons qu'au chemin de fer de Rouen, où les rails pèsent 35 kilogrammes par mètre courant, cette moins-value a été payée 0f,50 par mètre courant de rails.

Comme nous considérons ici quatre cas particuliers, que la moins-value doit croître avec l'importance des tranchées, et que d'ailleurs, comme on le verra plus loin, nous tenons compte à l'entrepreneur de la dépense nécessaire pour l'établissement d'évitements qui ne nécessitent ni coupure ni courbure de rails, nous adopterons les évaluations suivantes :

Pour les petites tranchées. . . . 0f,45 par mètre courant de rails.
Pour les tranchées moyennes. . 0 ,50 . . . . *id.* . . . . . .
Pour les grandes et très-grandes
tranchées. . . . . 0 ,55 . . . . . *id* . . . .

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE INSÉRÉ DANS LE 5e CAHIER DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES DE 1849, SUR LE TRANSPORT AU WAGON DES DÉBLAIS D'UN CHEMIN DE FER EN EMPLOYANT LES MATÉRIAUX DES VOIES DÉFINITIVES, PAR M. THIOLLIER, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

(Pages 226 à 229.)

§ 4. — *Fourniture et entretien des voies provisoires.*

Moins-value des voies provisoires. — Le matériel définitif mis à la disposition des cinq ateliers que nous avons particulièrement cités se composait : 1° de 9,018 rails de 4m,50 de longueur normale du poids de 30 kilogrammes par mètre courant ; 2° de 34,000 coussinets, tant de joints qu'intermédiaires, pesant chacun en moyenne 9k,50. Ces quantités représentent une longueur de voie simple de 20,285 mètres courants.

La valeur de ce matériel s'établit ainsi :

9,018 rails pesant.	1,217t43 à 365 fr. l'une	444,361 fr. 95
34,000 coussinets pesant. . . .	323 00 à 275	88,825 00
	Total.	533,186 fr. 95

Si l'on admet (ce qui est à peu de chose près exact pour une exploitation semblable à celle que nous décrivons) que le développement total des voies d'un atelier de terrassement soit représenté par 3,80 *d*, la longueur des voies qui ont été établies au moyen du matériel ci-dessus estimé représentera le développement de celles d'un atelier dont les terres devraient être transportées à la distance réduite de $\frac{20,285}{3,80}=5,338$ mètres. Or, en rapportant à cette même distance, 5,338 mètres, le travail exécuté par les ateliers de terrassement et de ballastage sur les voies établies au moyen de ce matériel, nous avons trouvé un cube de 139,400 mètres, auquel il faut ajouter celui de matériaux divers employés à la construction de perrés et d'empierrements. La totalité des cubes transportés à cette distance s'élèverait donc à 150,000, chiffre qui correspond justement au travail qui serait exécuté dans l'espace d'une campagne sur un atelier de terrassement exploité à 600 mètres cubes par jour.

La Compagnie concessionnaire du chemin de fer de Paris à Lyon, ayant, au moment de son avénement, demandé la modification du modèle des rails et coussinets à employer pour la confection des voies définitives de la section de Dijon

à Châlons, le matériel dont il vient d'être question a dû être réservé pour être employé par cette Compagnie sur d'autres travaux de terrassement, à part cependant la proportion nécessaire à la confection des voies de gare et d'évitement. Mais l'état de toutes les pièces qui le composent n'en a pas moins été vérifié en détail et avec le plus grand soin après l'usage qui en a été fait pour les transports des terrassements et du ballast; de plus, en mettant à l'état d'emploi la partie réservée pour les voies de gares, des expériences ont été faites en assez grand nombre pour apprécier le compte exact des dépenses qu'il eût fallu faire pour ramener au même état la totalité.

Voici ce qui a été constaté à ce sujet :

1° *Rails.* — Aucun rail n'a été perdu; 5 seulement ont été brisés, mais par suite de l'abus qui en a été fait par certains entrepreneurs qui ont négligé de mettre le nombre des traverses nécessaires pour les soutenir, ou qui s'en servaient en guise de leviers pour manœuvrer les estacades. L'usage a dénoté, sur un nombre de 405, des défauts de soudure entre le fer corroyé formant l'une des faces et le corps du rail formé en fer puddlé brut; ces défauts sont ceux de fabrication, contre lesquels les fournisseurs, aux termes des conditions imposées ordinairement, doivent une garantie. On ne doit donc à ce sujet porter en compte que les frais de transport des ateliers au port le plus prochain pour ces rails, qui doivent être remplacés par le fournisseur lui-même.

1,072 rails ont subi, soit sur champ, soit sur plat, diverses courbures de $0^m,005$ à $0^m,015$ de flèche, déformations si faibles, que leur redressage peut être fait à froid, et le marché en a été passé à raison de 1 fr. pour chacun d'eux.

Quant aux autres rails, ils n'ont point paru altérés sous ce point de vue d'examen, ou, si les courbures insignifiantes qu'ils ont présentées après l'usage n'existaient point auparavant, leurs limites ont été tellement peu sensibles, que le serrement des coins dans le coussinet des voies suffit pour les amener à parfaite direction.

L'altération qui s'est fait remarquer de la manière la plus générale est celle des arêtes extrêmes, lesquelles, à la suite d'une pose quelquefois défectueuse, d'un entretien difficile, souvent oublié aux abords de la charge et de la décharge des terres, se sont trouvées en grande proportion abattues ou refoulées par l'effet du roulage. Pour ramener ces arêtes à l'état d'avivement du rail neuf, il faut reprendre le fer au burin et à la lime; cette main d'œuvre, marchandée, a été exécutée avec toute la perfection désirable moyennant le prix de 0 fr. 65 par rail.

Quant à l'usure et à la déperdition du poids, suite de l'effet du roulage, elle a été déterminée par une série de pesées faites lors de l'achèvement des travaux et comparées avec celle des rails neufs relevés à l'usine : cette perte de poids peut être estimée assez approximativement à la proportion maximum de $0^k,75$ par rail de $4^m,50$ de longueur.

Les pertes en moins-value s'estiment comme il suit :

	kil.		fr. c.		fr. c.
Cinq rails brisés.	5	à	30, 00	=	150,00
Transport des rails auxquels l'usage a fait reconnaître des défauts de soudure, aller et retour, compris toute indemnité, s'il y avait lieu.	405	à	4, 00	=	1,620,00
Redressage de rails courbés.	1,072	à	1, 00	=	1,072,00
Perte de poids, suite de l'usure par le roulage, à raison de 0k,75 par rail. . . .	6,763,50	à	0,365	=	2,468,68
Rétablissement des arêtes réfoulés à raison de 0 fr. 65 par rail en moyenne. . .	8,416	à	0, 65	=	5,470,40
Perte de poids, suite de cette opération, environ 0k,12 par rail	1,009,92	à	0,365	=	368,62
	Total.				11,149,70

Rapportée à la valeur primitive des rails employés, cette moins-value peut, en tenant compte de toutes les éventualités, être estimée à la proportion nette de 1/40.

EXTRAIT

DU PROCÈS-VERBAL CONSTATANT LA DÉPRÉCIATION SUBIE PAR LES RAILS ET COUSSINETS PRÊTÉS A L'ÉTAT PAR LA COMPAGNIE DU CHEMIN D'ORLÉANS A BORDEAUX.

Les soussignés :

Jacques Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord,

Et Eugène Flachat, ingénieur en chef du chemin de fer de Paris à Saint-Germain et à Versailles,

Désignés,

Le premier par M. le préfet d'Indre-et-Loire, par arrêté en date du 30 novembre 1850,

Le deuxième par la Compagnie concessionnaire du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux,

Pour procéder, en qualité d'experts, à la fixation de l'indemnité à payer à la Compagnie par l'État, en raison de l'usage qu'il a fait des rails et coussinets prêtés par la Compagnie pour l'exécution des terrassements du chemin de fer précité,

Se sont présentés le 19 décembre 1850 devant M. le préfet d'Indre-et-Loire et ont prêté serment entre ses mains de remplir avec impartialité la mission qui leur était confiée.

Les soussignés ont procédé le même jour à la visite des divers dépôts qui leur ont été présentés : d'une part, par MM. Morandière, ingénieur en chef, et Petit, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées; d'autre part, par M. Pepin-Lehalleur, ingénieur en chef de la Compagnie concessionnaire. Dans ces dépôts se trouvaient, classés par ordre, les divers matériaux dont les ingénieurs de l'État ont déclaré faire la remise à la Compagnie.

Il est résulté de cet examen, comme aussi du comptage fait contradictoirement par les agents de ces deux services, que les approvisionnements remis à la Compagnie comprenaient :

1° Les rails dont le détail suit :

[1] On a mis seulement ici ce qui concerne les rails.

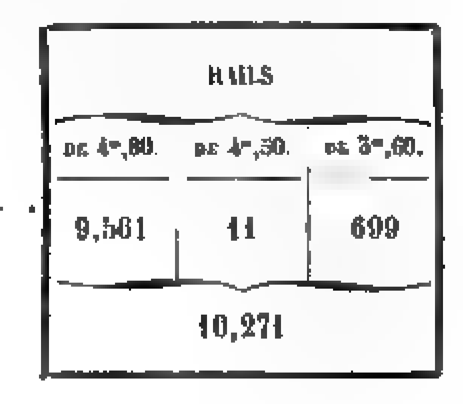
	MARQUES.	RAILS DE 4m,80.	RAILS DE 5m,60.	RAILS DIVERS.
Rails en bon état.	A	332	132	»
Rails altérés par défaut de qualité ou excès de service, mais pouvant être employés après un dressage sur 1, 2 ou 3 côtés.	B	1,986	»	»
Rails de même espèce que les précédents, mais devant être rognés ou ajustés au bout.	D'	829	1	»
Rails ne nécessitant d'autres réparations qu'un redressage.	C^1	4,681	387	»
Rails ne nécessitant qu'une recoupe ou un ajustage au bout.	C^2	10	»	»
Rails nécessitant un ajustage et un redressage.	C^3	1,514	64	»
Rails hors d'emploi par défaut de qualité ou excès de service.	D	245		
Bouts de rails.	»	»	»	277
TOTAUX		9,595	584	277

Il a été constaté que les 277 bouts représentaient une longueur de. 437m,82

Ce qui porte la longueur totale de tous les rails à. 48,596m,22

Les pièces qui nous ont été remises sous les yeux et qui n'ont pas été contestées par les parties, et notamment l'arrêté de M. le préfet d'Indre-et-Loire en date du 30 novembre 1850, établissent que la Compagnie a prêté à l'État :

1° Les rails dont le détail est ci-contre. . .



RAILS DE 4m,80.	RAILS DE 4m,50.	RAILS DE 5m,60.
9,561	11	699
10,271		

Lesdits rails représentent une longueur de. 48,458m,70

Et pèsent. 1,616,560k,00

Ce qui porterait le poids du mètre courant à 33k,335, poids sensiblement égal au poids normal accusé par la Compagnie (33k,333).

Les experts soussignés, après avoir examiné séparément les différents éléments de l'estimation qu'ils avaient à faire, se sont réunis de nouveau pour les discuter contradictoirement, et ils ont arrêté d'accord les bases suivantes :

1° POUR LES RAILS.

1° *Dressage*. L'état de dressage fourni par la Compagnie donne un total de. . . . . 6,489 fr. 05 c.
y compris, pour transport et fourniture d'outils. 929 75

Cette dernière somme comprend un transport de Dieppe à Tours, les réparations pour mise en état, et une partie doit rester à la charge de l'entrepreneur, qui aura évidemment à se servir de l'appareil pour son compte.

Le prix du dressage devant porter sur 44,874m,44, on peut fixer les prix par mètre à. . . . . 0 fr. 14 c.

2° *Recoupage* Le recoupage d'un bout avec ajustage coûte, quand on est outillé, 0 fr. 875. Un fort ajustage seul coûte 0 fr. 260; or, sur 2,418 rails qu'on avait d'abord comptés comme devant être recoupés, 1,448 ont subi un simple ajustage dont le prix est compris dans la dépense, dressage rappelé ci-dessus. Il n'y a donc qu'à compter le prix de 0 fr. 875 par bout pour 970 rails; ou bien, si on ne veut pas changer les chiffres des procès-verbaux de reconnaissance appliqués pour la totalité des rails (2,418), le prix de 0 fr. 351.

3° *Réfection des rails*. En août 1849, la compagnie d'Orléans a fait avec l'usine de Fourchambault un traité qui fait ressortir les prix de réfection pour les rails pris et rendus à Orléans à 147 fr. la tonne. Les prix ont baissé depuis; mais, comme il y a un supplément de transport, il paraît juste de porter le prix de réfection par tonne à. . . . . 150 fr.

4° *Moins-value des rails raccourcis*. On peut évaluer la moins-value des rails raccourcis à 8 fr. par rail ou 50 fr. par tonne.

Il n'y a en réalité que 970 rails à raccourcir. Si on veut appliquer le prix aux 2,418 qu'on supposait devoir être raccourcis, il faudra réduire le prix par tonne à. . . . . 21 fr. 20 c.

5° *Moins-value relative aux rails avariés sur les arêtes*. Les rails usés par le roulement des wagons sont presque tous usés sur un bord seulement; quelques-uns le sont seulement sur deux, le plus petit nombre sur trois. On peut admettre que l'usure existe en moyenne sur deux arêtes. Sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, la durée moyenne des rails peut être évaluée à. . . . . 40 ans

On peut admettre que les rails dont il s'agit ne dureront donc que. . . . . 18 ans.

La réfection, poids pour poids, équivaudra à la fin de la première période par tonne à. . . . . 140 fr. 00 c

Et la seconde à. 120 00

En calculant à 5 pour 100 la valeur d'aujourd'hui, qui représenterait ces valeurs dans 18 ans et 40 ans, on trouve 58 fr. 16 et 17 fr. 04, ce qui donne pour les rails avariés une moins-value à ce jour de 41 fr. 12.

Ces bases posées, les experts ont établi d'un commun accord, ainsi qu'il suit, les sommes que l'État aura à payer à la Compagnie comme compensation des différences qui existent entre les matériaux qu'il a reçus et ceux qu'il rend.

1° Rails.

1° *Balance des quantités.* La longueur totale des rails prêtés est de.. .... 18 458ᵐ,70

La longueur des rails rendus est de.................. 18 596ᵐ,22

Différence en faveur de l'État.............. 137ᵐ,52

Cette différence est insignifiante, et comme il ne paraît pas que l'État ait eu d'autres rails à sa disposition que ceux de la Compagnie, on doit en conclure seulement qu'il n'y a pas de défauts constatés dans la remise dont il s'agit.

2° *Rails en bon état* Les rails de la marque A, tous en bon état, ne doivent pas donner lieu à indemnité.

3° *Rails de la marque* B' Les rails de la marque B' doivent donner lieu à indemnité pour dressage et en raison aussi de la moins value sur les arêtes.

	mèt.	fr. c.	fr c.
La longueur de ces rails est de 9532ᵐ,80, ce qui donne pour dressage (n° 1)......	9 532,80	0 14	1 334 59
Le poids de ces mêmes rails est de 317 756ᵏ,82, ce qui donne pour la moins value (n° 5)..........................	317 756,82	41 20	13 066 13
4° *Rails de la marque* B". Les rails de la marque B" doivent subir diverses opérations ; il y a 830 rails de 3982 mètres de longueur : 1° pour redressage, il est dû le prix (n° 1).........................	3982,80	0 14	557 59
2° Pour recouper les bouts en comptant en moyenne trois bouts pour deux rails, il est dû le prix (n° 2)..........	1 245,00	0 351	436 99
3° Les rails après recoupage ne pèseront que 129 060ᵏ,37, et ces rails sont affectés d'une dépréciation pour longueurs inégales représentées par le prix (n° 4)...........	129 060,37	21 20	2 736 04
4° Ces mêmes rails perdent la valeur (n° 5) pour avarie sur les arêtes.........	129 060,37	41 12	5 306 96
5° Les bouts provenant de ces rails pèsent 3698ᵏ,30 et sont à refaire au prix n° 3.		150,00	554 74
A reporter.........			23 991 08

	mèt.	fr. c.	fr. c.
Report.................			23 993 08
5° *Rails de la marque* C'. Les rails de la marque C' sont simplement à redresser ; leur longueur est de 23 862 mètres, le prix à payer par mètre est de (n° 1)..........	23 862	0 14	3 340 68
6° *Rails de la marque* C². Les rails de la marque C² sont au nombre de 10 ; ils pèsent 1599k,98 et donneront lieu pour recoupe à 10 rails raccourcis pesant 1566k,65 à des bouts pesant 33k,33.			
1° Le prix n° 2 est dû pour recoupe (1 bout et 1/2 pour rail), ci.............	15,00	0 351	5 26
2° Le prix n° 4 pour moins value de raccourcissement.....................	1 566,65	21 20	33 21
3° Le prix n° 3 pour réflection des bouts.	33,33	150 00	5 00
7° *Rails de la marque* C³. Le nombre des rails C³ est de 1578 ; leur longueur 7497m,60. Les rails raccourcis pèseront 237 359k,29, et les bouts provenant du raccourcissement, 12 558k,21. Il est dû :			
1° Le prix n° 1 pour dressage........	7 497,60	0 14	1 049 66
2° Le prix n° 2 pour recoupe (1 bout et 1/2 pour rail en moyenne)...........	2 367,00	0 351	830 82
3° Le prix n° 4 pour moins value de raccourcissement......................	237 359,29	21 21	5 032 02
4° Le prix n° 3 pour réflection des bouts.	12 558,21	150 00	1 883 73
8° *Rails de la marque* D. Les rails de la marque D sont à refaire entièrement au prix n° 3. Il y en a 243 qui pèsent 38 879k,64. Il est dû pour ces rails................	38 879,64	150 00	5 831 96
9° *Bouts de rails.* L'État fait remise à la Compagnie de 277 bouts de rails pesant 14 593k,85, pour lesquels il est dû le prix n° 3..............................	14 593,85	150 00	2 189 08
Montant total des sommes dues pour les rails......			44 194 51[1]

2° Coussinets.

....

Les experts soussignés, etc., etc.

[1] Le développement des rails prêtés étant de 48 458m,70, la moins value par mètre courant est de $\frac{44\,194\,51}{48\,458\,70} = 0{,}91$.

PRIX DE REVIENT

DES TRAVAUX DE CONSOLIDATION

EXTRAITS DE LA NOTE DE M. SAZILLY (ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES).

Il nous reste actuellement à traiter une question très-importante, celle de la dépense à laquelle donnent lieu les procédés de la consolidation.

Lorsqu'il s'agit de réparer un éboulement effectué, la dépense, toujours considérable, est très-variable avec la masse et la figure, toujours imparfaitement connue, de l'éboulement, avant l'enlèvement des terres mises en mouvement, et il est bien difficile de l'estimer *a priori* d'une manière suffisamment approchée.

Lorsqu'au contraire les procédés d'assainissement sont employés comme moyens préventifs, ainsi que cela devrait toujours avoir lieu, il devient facile d'estimer d'avance et d'une manière approchée la dépense qu'ils entraîneront: car alors la partie la plus importante de cette dépense consiste dans l'établissement d'une chemise d'épaisseur déterminée, faite avec des terres saines, dont la distance de transport sera connue, ou avec des moellons dont le prix sera également connu.

Pour les travaux de consolidation que nous avons eu à faire, nous avons presque toujours trouvé à proximité, dans la partie supérieure des talus, des terres de nature convenable pour faire la chemise dont il s'agit, et le prix superficiel de chemise de 0m,30 d'épaisseur réduite, presque toujours inférieur au chiffre du sous-détail qui suit, l'a bien rarement dépassé.

Fouille dans l'emplacement de la chemise, transport des terres en dépôt, dressement des surfaces des redans, 0m,30 de terre glaise à 1 fr. 91.	0 fr.	57 c.
Approvisionnement, reprise, régalage, pilonnage en trois couches de 0m,30 de terre saine à 2 fr. 03 le mètre.	0	61
Règlement des talus et semis.	0	10
TOTAL.	1 fr.	28 c.

La dépense des pierrées est ordinairement beaucoup moindre que celle de la chemise; mais on comprend que cette dépense est très-variable avec la nature des talus. Elle sera très-minime si l'on a affaire à une masse glaiseuse nettement accusée et surmontée par un banc perméable; car alors il n'y aura qu'une pierrée longitudinale à faire dans la hauteur du talus; mais elle pourra acquérir une certaine importance si la masse argileuse présente des couches perméables étagées les unes au-dessus des autres.

Voici en tout cas comment s'établissait le prix moyen d'un mètre courant de pierrée dans nos travaux du chemin de fer de Strasbourg, et nous croyons que ce prix, qui ne pourra guère varier qu'en raison du prix de la brique, du caillou et des gazons, sera ordinairement plus que suffisant.

Fouille de la rigole et transport des terres en dépôt, $0^{m3},25$ de terre glaise à 1 fr. 91.	0 fr.	48 c.
Plus-value pour dressement du fond et des parois de la rigole	0	06
Fourniture de mortier et de briques et façon du radier.	1	20
Fourniture et emploi de $0^{m3},10$ de caillou à 6 fr. 20 le mètre.	0	62
Recouvrement du caillou en gazons, $0^{m2},55$ de gazons de $0^{m},10$ d'épaisseur à fr. 60 le mètre superficiel.	0	56
TOTAL.	2 fr.	92 c.

A la tranchée de Gagny, il entrait moyennement un mètre courant de pierrée dans une surface de talus de 6 mètres carrés. D'après cette base, qui sera rarement dépassée, on voit, par les sous-détails qui précèdent, que le prix de revient d'un mètre superficiel de talus consolidé préventivement ou avant tout mouvement pourrait, dans la tranchée dont il s'agit, être évaluée à 1 fr. 77[1].

L'énoncé de ce chiffre suffit pour donner une idée des économies considérables qu'on pourra réaliser en employant à temps ce qu'on pourrait appeler les petits moyens, de préférence aux perrés à grande épaisseur, murs de soutènement, contre-forts, etc., qui constituent les grands moyens, qu'il est toujours bien difficile d'employer avant que les terres aient commencé de se mettre en mouvement.

Les procédés d'assainissement perdront, il est vrai, beaucoup de leurs avantages si, ne les appliquant pas à mesure que la tranchée s'approfondit, on laisse aux glaises le temps de se désorganiser sous les influences atmosphériques et l'action des eaux intérieures; car alors ils exigeront toujours l'enlèvement des masses de terre plus ou moins considérable; la chemise devra s'étendre sur une surface notablement plus grande, en même temps qu'on sera forcé de lui donner plus d'épaisseur en certains points, pour régulariser la surface de l'élargissement qu'on laissera subsister dans la tranchée; enfin les pierrées elles-mêmes prendront plus de développement[2].

[1] Dans la tranchée de Bourg-la-Reine, sur le chemin d'Orsay, le mètre superficiel de talus assaini préventivement par M. Couche est revenu à 2 fr. 85 c., chiffre notablement supérieur au chiffre ci-dessus, l'élévation du prix de M. Couche tient surtout à ce que la glaise était coupée par de nombreux bancs de marne perméable, et à ce que, par suite, il fallait établir des pierrées longitudinales sur des points beaucoup plus rapprochés qu'à la tranchée de Gagny.

[2] Dans la tranchée de Bourg-la-Reine, déjà citée, les procédés d'assainissement n'ont été employés, après la production des éboulements, que sur deux points seulement; sur ces points, le prix de revient du mètre superficiel de talus assaini s'est élevé en réduite à 12 fr. 80 c., c'est-à-dire à un prix plus que quadruple du prix de revient des talus assainis préventivement.

Dans la tranchée de la Haute-Loge, sur le chemin de Calais, le mètre superficiel de talus

Il pourra même arriver, surtout si le sol présente une forte inclinaison transversale, que les masses, mises en mouvement, aient une étendue telle, qu'il soit plus économique de recourir aux grands moyens.

Cependant nous croyons que, même lorsqu'ils ne seront employés qu'après la production des éboulements et comme moyens répressifs, les procédés d'assainissement seront encore, dans la plupart des cas, beaucoup plus économiques que les murs de soutènement.

Lorsque nous avons été attaché au service du chemin de fer de Strasbourg, les talus de la tranchée de Gagny, dont la profondeur maximum est de près de 15 mètres, et dont la profondeur moyenne est de 9 mètres environ, présentaient de nombreux éboulements; quelques-uns de ces éboulements, bien que la tranchée fût loin d'être à profondeur, s'étendaient jusqu'à 10, 12 et 14 mètres en dehors du sommet du talus normal.

Ces talus devaient être consolidés au moyen de murs de soutènement en pierres sèches avec contre-forts, d'après un projet de notre prédécesseur, qui fut approuvé peu de temps après par l'administration; mais, sur nos instances, et pour activer le travail, M. l'ingénieur en chef voulut bien consentir à nous laisser employer concurremment nos procédés d'assainissement dans la partie où les eaux se montraient le plus abondantes; et, bien qu'ils aient été employés presque exclusivement comme moyens répressifs, bien que des fautes aient été faites dans l'exécution de ces travaux[1], ils ont néanmoins donné lieu à des économies fort importantes.

Nous ne pouvons malheureusement pas aujourd'hui séparer d'une manière certaine et complète la dépense afférente aux talus qui ont été soutenus par les murs, de la dépense qui concerne les talus simplement assainis, parce qu'à la suite de quelques mouvements éprouvés dès le principe par les murs, nous avons fait pratiquer derrière ces murs des assainissements et des remaniements de terre qui ont été faits par voie de régie, et que ces travaux se confondent sur les états d'attachement avec ceux qui se rapportent aux talus simplement assainis

Il en résulte que si l'on attribue toute la dépense des assainissements et remaniements de terre aux talus non soutenus par des murs, on exagérera la dépense de ces talus, et qu'on estimera au contraire trop bas la dépense des talus soutenus par des murs.

Cette manière d'opérer, très-défavorable aux procédés d'assainissement, est la seule dont nous puissions faire usage aujourd'hui pour donner une idée affaiblie de l'économie que nous avons réalisée.

assainі et consolidé par M. l'ingénieur Manuel, après la production des éboulements, est seulement revenu à 4 fr. 07 c., mais il convient de remarquer que la profondeur moyenne de cette tranchée n'est guère que de 4 mètres, et il nous paraît très-probable que le prix de revient des talus assainis préventivement serait resté au-dessous du chiffre de 1 fr. 77 c.

[1] Les deux fautes qui ont été faites sont indiquées, l'une dans la note du n° 37, l'autre au n° 46; ces fautes, qu'il a fallu réparer depuis la mise en exploitation du chemin, n'ont pas coûté moins de 15,597 fr. 01 c.

Les murs de soutènement occupent, dans la tranchée de Gagny, une longueur de 1,090^m,20, et ont coûté, y compris fouilles, maçonneries, étayements et épuisements, mais non compris assainissements, remaniements de terre, etc. . . . . 244,663 fr. 44 c

Les procédés d'assainissement ont été employés sur une longueur de 910^m,13, et coûtent, y compris assainissements et remaniements de terre derrière les murs ci-dessus. 90,969 59

Total. . . . . . 335,632 fr. 83 c.

Il résulte de là que le prix du mètre courant de talus consolidé par des murs est au moins de . . . . 224 fr. 42 c

Et que le prix réduit du metre courant de talus consolidé par les procédés d'assainissement est au plus de. 99 95

Chiffre moindre que la moitié du précédent, et qui accuse par mètre courant en faveur des procédés d'assainissement une économie au moins égale à[1]. 124 47

On peut conclure de là que si l'on avait exécuté des murs de soutènement sur toute la longueur qu'il a fallu consolider, ainsi que le comportait le projet, on aurait eu une augmentation de dépense au moins égale à 910, 13 + 124,47 = 11 = 365 fr. 29 c., et ce chiffre doit être considéré comme bien inférieur à l'économie qu'on a réellement obtenue en adoptant les procédés d'assainissement sur une partie de la tranchée.

En fait, nous devons le dire, l'exécution des travaux de consolidation de la tranchée n'a présenté, sur les prévisions du projet, qu'une économie de 38,179 fr. 38 c.

Mais cela tient à ce qu'en dehors des parties assainies ou soutenues par des murs, il a fallu faire des revêtements qui n'avaient pas été prévus pour maintenir des talus sablonneux qui se ravinaient profondément, et aussi à ce que l'on a été obligé, en cours d'exécution, de modifier le profil des murs, et véritablement l'économie due à l'emploi des procédés d'assainissement est supérieure à 113,657 fr. 29 c.

Si les procédés d'assainissement avaient été employés à mesure de l'approfondissement de la tranchée dans toute la partie qui a été consolidée, et si aucune faute n'avait été faite[2], la surface qu'il aurait fallu assainir pouvant être

[1] Il est peut-être bon de faire observer que, dans ces évaluations, nous ne tenons pas compte du revêtement du fossé et de la murette du ballast, qui sont presque toujours indispensables dans toute tranchée profonde.

[2] Il est en effet très-probable que les fautes signalées n'auraient pas été commises, si les travaux d'assainissement avaient été faits à mesure de l'approfondissement de la tranchée; car la partie du talus mélangée et aquifère qui a échappé à des travaux faits assez longtemps après sa mise au jour, n'aurait guère pu échapper aussi facilement à des travaux appliqués, dès le principe, d'une manière rationnelle; et quant à la pierrée établie sur un remblai dans

évaluée à 22,000 mètres carrés environ, on voit que la dépense ne se serait élevée qu'à 22,000.00 + 1,77 = 38,940 fr., et qu'on aurait ainsi réalisé une économie de 296,692 fr. 83 c. sur la dépense de 335,632 fr. 83 c. qui a été consacrée à établir des murs et à assainir après la production des éboulements.

Au chemin de fer du Centre, où nous avons eu à consolider des talus sur un très-grand développement entre Orléans et le souterrain de Vierzon, et où la maçonnerie de moellons à pierres sèches, dans les tranchées les plus importantes, revenait presque à un prix triple du prix payé à la tranchée de Gagny[1]; au chemin de fer du Centre, disons-nous, où nous avons pu employer les procédés d'assainissement comme moyens préventifs sur la moitié au moins de l'étendue des parties consolidées, nous croyons être bien modéré en disant que les petits moyens ont permis de faire une économie de deux millions au moins.

la partie où un éboulement descendait au-dessous du fond de la tranchée, c'est une faute grossière, qui n'aurait évidemment pu avoir lieu si les talus avaient été consolidés préventivement

[1] A la tranchée de Gagny, le prix du mètre cube de maçonnerie de moellon à pierre sèche était de 11 fr. 19.

DÉPENSES

FAITES POUR L'ASSÈCHEMENT DES TALUS DANS DEUX TRANCHÉES GLAISEUSES DU CHEMIN DE WISSEMBOURG.

Tranchée de la Schouts.

Longueur de la tranchée.	1,000m »
Hauteur *maxima*.	8m 93
Surface des talus consolidés, comprenant les deux côtés de la tranchée.	18,000m² »
Longueur des fossés perreyés.	2,000m »

	fr	c
Main-d'œuvre applicable à l'exécution des caniveaux, au fascinage et au revêtement des talus en terre végétale.	20,038	54
Fourniture de fascines pour le maintien des éboulements. . .	396	99
Fourniture de briques pour les caniveaux.	2,298	99
Id. de gravier *id.*	4,550	99
Id. de mortier *id.*	1,420	78
Outils figurant à l'inventaire.	282	24
Fournitures diverses : semences, gazon, planches, lattes, menus ustensiles n'ayant plus de valeur.	1,745	40
Perreyage des fossés sur 2000 mètres de longueur :		
Fournitures de moellons et façon.	13,052	89
Total.	43,786	82

Il résulte de la dépense les prix d'unité suivants :

Consolidation du mètre superficiel de talus, non compris les *fossés*.	1 fr. 71 c.
Consolidation du mètre superficiel de talus, compris les fossés	2 43

Prix du mètre courant de tranchée :

Pour les talus.	30 fr. 73 c
Pour les fossés.	13 05
Ensemble.	43 78

Toutes ces consolidations ont été faites préventivement, c'est-à-dire avant qu'aucun éboulement ne se soit produit.

Tranchée de Soultz.

Longueur de la tranchée.	500m »
Hauteur *maxima*.	6m 35
Surface du talus consolidé, ne comprenant qu'un seul côté de la tranchée.	3,600m² »

PREMIÈRE PARTIE.

Tranchée d'assainissement en amont.

	fr.	c.	fr.	c.
Main-d'œuvre de toute espèce.	6,357	12		
Bois et planches pour étrésillons.	1,027	»		
Moellons pour les rigoles.	1,202	22		
Divers et transports.	326	30		
Total.			8,912	64

Consolidation de la surface du talus et perreyage des fossés.

	fr.	c.	fr.	c.
Main-d'œuvre de toute espèce.	10,884	04		
Enlèvement des éboulements, transport des terres.	2,470	32		
Fourniture de briques pour caniveaux.	834	05		
Id. de gravier *id.*	695	38		
Id. de mortier *id.*	422	54		
Id. de moellons pour perrés de fossés. .	996	74		
Outils figurant à l'inventaire.	351	65		
Diverses fournitures : semis, planches, lattes, clous, etc., etc.	757	22		
Total.			17,411	94
Total général.			26,324	58

Il résulte de ces dépenses les prix d'unité suivants :

		fr.	c.
Consolidation d'un mètre superficiel de talus.	Tranchée d'assainissement. .	2	64
	Consolidation de talus. . . .	4	97
	Total.	7	61
Consolidation d'un mètre courant de tranchée.	Tranchée d'assainissement. .	178	25
	Consolidation de talus. . . .	348	23
	Total.	526	48

Les consolidations ont eu en lieu après que les éboulements se furent produits. Cette circonstance augmente considérablement le prix de revient, par suite 1° de l'enlèvement des terres éboulées; 2° par l'augmentation des surfaces à consolider, qui sont beaucoup plus considérables que les surfaces de talus de la tranchée, suivant son profil normal.

Outre la tranchée faite en amont, parallèlement à la direction du chemin, il a fallu consolider la surface même du talus, suivant la méthode Sazilly. Nous n'avons pas signalé la nécessité de cette seconde opération dans le corps de l'ouvrage, parce que, lorsque nous l'avons rédigé, elle ne s'était pas fait sentir. De là, la division de la dépense en tranchée d'assainissement et consolidation des talus.

PRIX DE REVIENT

DES TRAVAUX DE DRAINAGE DES TRANCHÉES

EXTRAITS D'UN RAPPORT DE M. DAIGREMONT, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES, SUR LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT EXÉCUTÉS SOUS SA DIRECTION AU CHEMIN DE FER DE L'EST[1].

EXEMPLES ET CAS PARTICULIERS.

Tranchée de Petit-Croix. — La tranchée n° 1 n'a que 0m,75 de hauteur maximum et une longueur de 200 mètres; mais elle est tourbeuse, et, avant l'assainissement, on a dû y enfouir 1,500 à 1,600 fascines pour y établir la voie nécessaire au transport des terres. On a, pour l'assainir, creusé un drain à 1m,60 en contre-bas de la plate-forme, à travers la tourbe et l'argile plastique, cette argile a été soulevée par la pression des eaux, avant qu'on eût atteint le gravier aquifère sur lequel elle repose; aussi a-t-on été obligé de faire une partie des déblais avec des seaux, et de blinder très-fortement. Le travail exécuté a déjà fait beaucoup de bien, et les drains posés donnent une grande quantité d'eau; cependant, comme la couche aquifère est très-irrégulière, il faudra la couper de nouveau par d'autres drains, pour obtenir un asséchement complet, mais le travail à faire sera rendu plus facile par celui qui est exécuté aujourd'hui. Voici l'estimation des dépenses

DÉPENSES FAITES.

Acquisition et transport à pied d'œuvre des tuyaux. . .	95 fr.	00 c.
Acquisition et transport à pied d'œuvre des matières filtrantes	125	»
Creusement de 200 mètres courants de fouilles, épuisements, pose des tuyaux et des matières filtrantes, façon et pilonnage des remblais.	1,675	»
Transport, pose et dépose des bois de blindage. . .	123	»
Surveillance et faux frais.	48	»
TOTAL	2,066 fr.	00 c.

Prix du mètre courant de drain exécuté, à 1m,60 de profondeur, dans des circonstances très-difficiles, 7 fr. 94 c.

[1] Voir ce rapport complet et les figures dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur.*

DÉPENSES A FAIRE.

260 mètres courants de drains à 5 francs.	1,300 fr. 00 c.
Rappel des dépenses faites.	2,066 00
Total.	3,366 fr. 00

La longueur totale assainie est de 250 mètres, ce qui met le prix du mètre courant de plate-forme asséchée à 13 fr 46 c.

Tranchée n° 2. — Le sol de la tranchée n° 2 se compose d'une argile jaune et blanche complétement imperméable, reposant sur une couche aquifère composée de sable et de gravier : en approchant de cette couche, dont la sous-pression est d'ailleurs peu considérable, la glaise s'est détrempée sous les pieds des chevaux, et toute la plate-forme s'est trouvée réduite en bouillie, où l'on enfonçait jusqu'au genou ; en quelques points même, on aurait eu de la vase jusqu'à la ceinture ; les talus ne s'éboulaient point, en raison de la nature imperméable du sol.

L'Entreprise a dû abandonner le chantier, et l'on a attaqué l'assainissement de deux côtés à la fois, 1° par un drainage longitudinal de 1m,60 de profondeur moyenne ; 2° par un drainage transversal de 125 mètres de longueur et et de 5m,70 de profondeur maximum : la direction transversale de ce travail a été motivée par la situation de la tranchée à flanc de coteau, et l'on s'est avancé vers le piquet 14', parce que c'était en ce point que les eaux surgissaient avec le plus d'abondance Le succès de l'opération a été tel, que, trois jours après l'achèvement du drain transversal, la plate-forme s'est trouvée parfaitement sèche et praticable aux chevaux.

En septembre, c'est-à-dire pendant la saison où les sources donnent le moins, on a mesuré, à la sortie du drain, un débit de 160 litres par minute, soit de 250^{m3} par jour : au printemps, on peut compter sur un débit double ou triple.

Il ne reste plus, pour compléter l'assainissement de cette tranchée, qu'à prolonger le drainage de la plate-forme du piquet 14 au piquet 18', travail qui n'offrira pas de difficulté, parce que la plate-forme est déjà bien asséchée. Nous ferons remarquer que, dans cette tranchée, nous n'avons pas projeté de drain à droite de la plate-forme ; cette exception tient à la nature graveleuse du fond de la tranchée, qui fait office de filtre

Les talus de la tranchée n° 1 étant taillés dans un terrain imperméable, il n'y a pas lieu de les assainir ; cependant, comme on a dû établir un fossé de ceinture très-près de la crête du talus gauche, on placera sous ce fossé un drain de petit diamètre, placé au plus à 1 mètre du sol, pour éviter les dangers résultant de la stagnation des eaux dans le fossé. Ce petit drain supérieur sera relié de distance en distance avec le drain de la plate-forme.

Voici l'indication des dépenses faites et à faire dans la tranchée n° 2 :

DÉPENSES FAITES.

1° *Drain longitudinal, du piquet 11 au piquet 14.*

Fourniture des tuyaux.	105 fr
Fourniture des matières filtrantes.	260
Creusement de 320 mètres courants de fouille, pose des tuyaux, etc.	1,632
Fourniture, pose et dépose des bois de blindage	235
Surveillance et faux frais.	190
TOTAL.	2,420 fr.

Prix du mètre courant, à $1^m,60$ de profondeur, dans des circonstances difficiles, 7 fr. 55 c.

2° *Drainage transversal*

Fourniture de tuyaux de 175 mètres.	680 fr.
— de matières filtrantes.	437
Creusement de 125 mètres courants de fouille, etc.	2,488
Fourniture, pose et dépose des bois de blindage.	435
Surveillance et faux frais.	280
TOTAL.	4,320 fr.

Prix du mètre courant, à $5^m,70$ de profondeur maximum, 34 fr. 50 c.

Montant total des travaux faits. . . . . . . 6,740 fr.

DÉPENSES A FAIRE.

500 mètres de drains le long de la plate-forme, à 4 fr. 50 c.	2,250	
700 mètres courants de drain supérieur à 1 fr. . . .	700	
Drains transversaux, etc.	300	
$8,0000^{m2}$ de revêtement, à 0 fr. 10 c.	800	
Total des dépenses à faire.		4,050
TOTAL GÉNÉRAL.		10,790 fr.

Il en résultera, par mètre courant de tranchée, une dépense de $\frac{10790}{700}$, soit 15 fr. 40 c. pour une profondeur maximum de $5^m,00$.

Tranchée du cimetière de Dannemarie. — La tranchée n° 14 nous a donné beaucoup de soucis. L'Entreprise a commencé à l'ouvrir vers la fin de 1855; la tranchée était mauvaise, mais nous ne soupçonnions pas l'existence d'une couche de sable aquifère située sous la plate-forme, et dont la présence s'est révélée tout à coup, au mois de décembre, par un soulèvement général des voies, soulèvement qui a atteint $1^m,50$, et par des éboulements qui se sont propagés rapidement jusqu'à 15 mètres du cimetière de Dannemarie.

Nous avons aussitôt mis, en janvier 1856, soixante ouvriers à l'assainissement de la tranchée, et nous avons réussi à établir un premier drain, que nous avons rempli de moellons; nous n'avions pas encore, à cette époque, de tuyaux de drainage. Les mouvements se sont arrêtés; mais le travail n'avait pas été poussé à une assez grande profondeur, à cause de la difficulté de maintenir les terres délayées par la neige fondante. Aussi avons-nous remarqué de nouveaux mouvements après les pluies de juin 1856 On a repris le travail, approfondi la partie déjà établie, remanié et drainé les éboulements, et descendu de nouveaux drains parrallèles au chemin de fer, au milieu de la couche aquifère; la poussée était tellement forte, quand on a creusé la fouille du drain inférieur longeant la plate-forme, que les étrésillons du blindage laissaient une empreinte très-sensible sur les montants contre lesquels ils s'appuyaient. Aujourd'hui tous les mouvements se sont arrêtés, sauf près du piquet 130, sur une longueur de 25 mètres, où l'Entreprise ne nous a pas encore laissé commencer l'assainissement inférieur; du reste, les mouvements qui ont encore lieu en un seul point, et qui n'ont plus lieu ailleurs, prouvent l'efficacité des travaux déjà exécutés.

Il existe dans la tranchée n° 14 une particularité . c'est que, en face du piquet 129, on a établi un drainage supérieur des deux côtés du chemin de fer; on a été conduit à cette disposition, parce qu'on a rencontré dans cette portion de tranchée une inflexion des couches de sous-sol, et que les eaux peuvent arriver par filtration sur les deux talus à la fois.

Il faut ajouter que le lehm et la couche argileuse bleue qui forment le terrain de la tranchée sont doués d'une certaine perméabilité.

Les drains de la tranchée n° 14 débitent très-peu d'eau; cependant, depuis qu'ils fonctionnent, les fosses creusées dans le cimetière restent toujours à sec, tandis qu'auparavant elles étaient en quelques heures envahies par les eaux, qui remontaient de la couche de sable *aquifère*.

On a dépensé, à la tranchée n° 14, pour établir 894 mètres courants de drains, une somme de 5,688 fr., ce qui met le prix du mètre courant à 6 fr. 50 c. On avait déjà dépensé, en janvier 1856, pour le premier travail, qui a dû être repris, environ 3,500 fr., ce qui porte la dépense totale à 9,188 fr.

Voici l'évaluation de la dépense qui reste à faire :

30 mètres de drains à 6 fr. 50 c.	195 fr.
320 mètres de drains à 3 fr 50 c.	1,120
Revêtement de A,500 mètres carrés de talus . .	450
TOTAL.	1,765
Rappel de la dépense déjà faite.	9,188
TOTAL GÉNÉRAL.	10,953 fr.

La tranchée ayant 300 mètres de longueur, cela porte le prix du mètre cou-

rant à 36 fr. 50 c. pour une profondeur maximum de 5m,60, ou bien cela met le prix du mètre carré de talus assaini à 2 fr. 45 c.; mais cette dernière manière de compter n'est pas très-satisfaisante, puisqu'il a fallu, dans l'espèce, faire des travaux d'assainissement aussi coûteux pour la plate-forme que pour les talus, il serait donc assez naturel d'ajouter la superficie de la plate-forme à celle des talus, et de dire que la surface assainie est de 4,500 + (300 × 11) = 7,800 mètres carrés, cette nouvelle façon de calculer porterait le prix du mètre carré assaini à 1 fr. 40 c.

Remblai n° 15. — Le remblai n° 15 a éprouvé quelques mouvements au printemps de 1856, un peu au delà du piquet 140 : un examen attentif a démontré que le sous-sol avait cédé sous le poids du remblai, et qu'il était traversé par plusieurs sources; on les a coupées au moyen d'un drainage, qui a toujours donné une grande quantité d'eau, même pendant la saison sèche. Mais le tassement du sous-sol n'était pas le seul accident qui se fût produit : le remblai lui-même avait coulé, et cela venait de ce qu'il était formé de couches minces de glaise plastique alternant, suivant l'inclinaison, avec des couches de sable micacé, formant banc de glissement : on comprend que cet effet se produit nécessairement toutes les fois qu'une tranchée fournit des veines alternatives de terres de natures différentes, et qu'on fait avec ces terres un remblai au wagon On a remédié au mal en ouvrant, pendant un temps sec, une série de coupures dans le remblai; on a successivement approfondi ces coupures jusqu'à 2 mètres, et, quand leur paroi s'est trouvée bien sèche, on les a remplies avec les terres qu'on en avait extraites, et qui avaient eu elles-mêmes le temps de se sécher : après avoir rempli et pilonné ces premières coupures, distantes de 4 mètres l'une de l'autre, on en a fait de nouvelles dans les intervalles, sans recourir en aucune façon aux tuyaux de drainage et aux matières filtrantes : depuis que ces travaux ont été faits, le remblai n'a plus éprouvé de mouvements.

Aujourd'hui l'Entreprise fait au wagon un remblai avec les terres venant de la tranchée du Dockenberg, et dans lesquelles on rencontre alternativement de la glaise humide et du sable micacé rempli d'eau; le remblai a commencé à couler; mais, dès qu'on s'en est aperçu, on a eu soin de mettre à la décharge deux ouvriers qui mêlent ces matières ensemble, de façon à couper tous les bancs de glissement; on espère obtenir de la sorte un remblai qui s'affermira rapidement.

Nous ajouterons toutefois que ces procédés économiques ne nous paraissent pas applicables aux remblais entièrement composés de glaise humide; il faut alors recourir aux coupures remplies de moellons ou autres matières filtrantes, et le mieux est encore d'éviter de faire de pareils remblais.

Tranchée n° 15. — La tranchée n° 15 offre l'application pure et simple des principes généraux qui ont été développés au commencement de cette note; aussi nous n'insisterons pas sur les travaux de cette tranchée. Voici l'estimation des dépenses faites et à faire pour l'assainir.

DÉPENSES FAITES.

Fourniture de tuyaux.	119 fr.
— de matières filtrantes.	32
Main-d'œuvre de terrassements, etc., sur une longueur de 333 mètres.	999
Frais de blindage.	19
Surveillance et faux frais.	52
TOTAL.	1,221 fr.

Cela met le prix moyen du mètre courant de drain, dans des circonstances favorables, à 3 fr. 65 c., pour une profondeur variable de $1^{m},50$ à 4 mètres.

DÉPENSES A FAIRE.

1,000 mètres courants de drains de $1^{m},20$ à $1^{m},50$ de profondeur, à 2 fr. le mètre courant.	2,000 fr.
2,000 mètres courants de drains de $1^{m},50$ à 4 mètres de profondeur, à 3 fr. 69 c. le mètre courant.	730
Revêtement de 8,400 mètres carrés de talus.	840
TOTAL DES DÉPENSES A FAIRE.	3,570
Rappel des dépenses faites.	1,221
TOTAL GÉNÉRAL DES DÉPENSES FAITES ET A FAIRE.	4,791 fr.

La tranchée ayant 460 mètres de longueur, cela porte le prix d'assainissement d'un mètre courant à 10 fr. 40 c., et le prix du mètre carré de talus à 0 fr. 57 c., la profondeur maximum de la tranchée étant d'ailleurs de $10^{m},80$.

Tranchée n° 10. — La tranchée n° 10 se compose dans toute sa hauteur dont le maximum est de $5^{m},20$, de terrains très-perméables, saturés d'eau, traversés par des sources, et s'éboulant avec la plus grande facilité; on remarquera que, du piquet 155 au piquet 156, on a établi une ligne de drains au milieu de la plate-forme, au lieu d'en placer une sous chaque fossé; c'est que ce drain central a été placé avant que la tranchée ne fût à largeur, et pour arrêter le plus tôt possible les éboulements qui cessaient de se produire: cette portion de tranchée se trouve, du reste, bien asséchée aujourd'hui.

Mais il n'en est pas de même de la partie comprise entre les piquets 156 et 158; les remblais du drain supérieur ont été peu ou point pilonnés, de sorte que le tuyau s'est obstrué, et il s'est formé, aux premières pluies, un éboulement marqué; aujourd'hui il y a dans la tranchée $1^{m},50$ à 2 mètres de boue liquide; on a commencé une tranchée de drainage très-profonde à quelques mètres de l'axe de la voie, sur le chemin de Fulleren à Ballersdorff, mais on ne sait pas encore exactement comment on dirigera les travaux; cela dépendra

de l'effet qu'ils produiront a mesure qu'on les poussera en avant; en tout cas, ce sera un travail terminé en une quinzaine de jours. On a dépensé à cette tranchée une somme de. . . . . 2,000 fr.

Les nouveaux travaux coûteront au plus. 4,000

Total. . . . . 6,000 fr.

Cela fera 18 fr. par mètre courant de tranchée, ou 1 fr. 35 c. par mètre carré de talus assaini.

Tranchée du Dockenberg. — La tranchée du Dockenberg a 1,600 mètres de longueur, 20 mètres de profondeur maximum, et cube 250,000 metres elle traverse un col un peu obliquement. de l'origine de la tranchée au piquet 11, le terrain offre généralement un profil concave; du piquet 11 au piquet 16, les eaux pluviales viennent seulement du côté gauche; mais à droite se trouve le ruisseau dit Bacchlé, dont les hautes eaux, entre les piquets 14 et 15, sont à un niveau supérieur à celui de la plate-forme; aussi doit-on établir des bourrelets en remblai pilonné de chaque côté de la tranchée.

Si on pénètre en dessous de la surface du terrain, on trouve que les couches du sous-sol sont inclinées de droite à gauche entre les piquets 0 et 7; au delà, l'inclinaison devient inverse.

Du piquet 0 au piquet 7, il est inutile d'assainir le talus gauche de la tranchée; on n'a jamais remarqué sur ce talus aucune filtration ni aucune trace d'éboulement. L'assainissement du talus droit, opéré suivant la règle générale, est complet jusqu'au piquet 2 : le travail a été difficile, et les drains donnent une quantité d'eau considérable; mais le résultat est satisfaisant. Du piquet 2 au piquet 7, l'assainissement n'est pas encore complet, la tranchée n'étant pas à profondeur; on craint qu'il ne soit très-difficile entre les piquets 2 et 3, parce qu'on commence à trouver, sous le sable et le grès mollasse donnant passage à des filtrations abondantes, une couche de marne verdâtre entièrement détrempée; on ne s'est encore arrêté à aucune disposition pour l'assainissement de cette portion de tranchée.

Entre les piquets 3 et 4, il s'est manifesté, au moment où l'Entreprise terminait le talus, un éboulement assez important qu'on a drainé à ciel ouvert. au moyen de coupures parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction du chemin de fer. Puis on s'est empressé, pour empêcher la propagation de cet éboulement, d'ouvrir des galeries de mine; deux de ces galeries auront des branches en retour; on se propose en outre de réunir ces galeries au drainage supérieur par des trous de sonde.

Le système des galeries de mine me paraît réussir, et on a l'intention de l'appliquer jusqu'au piquet 6; au delà de ce point et jusqu'au piquet 10, on n'a pas encore de projet arrêté; on rencontrera sans doute un très-mauvais terrain au fond de la tranchée, dans le voisinage du passage supérieur n° 1, dont les fondations ont été difficiles à cause des sources qui surgissaient dans les fouilles.

Entre le piquet 11 et l'extrémité aval de la tranchée, on s'est trouvé dans des circonstances très-difficiles : le sous-sol se compose de terrain de transport reposant sur une couche de sable micacé aquifère, qui coule avec une grande facilité ; on a dû non pas déblayer, mais épuiser une grande partie des tranchées de drainage ouvertes dans ce sol ; il a fallu multiplier les blindages et les abandonner fréquemment dans les fouilles, arrêter les éboulements du sable avec des saucissons remplis de gravier, et, en quelques points, établir les tuyaux de drainage sur pilotis, pour les empêcher de disparaître dans la vase.

Il a été nécessaire de maintenir par un drainage les deux talus ; à gauche, à cause de la pente du sol et de l'inclinaison des couches ; à droite, à cause des eaux de filtration du ruisseau du Baechle ; encore s'est-on trompé une première fois en assainissant le talus gauche, et a-t-on été obligé de recommencer un deuxième travail, parce qu'on n'était pas descendu assez bas, et que les éboulements du talus continuaient. Du reste, le premier drainage exécuté servira à recueillir les filtrations du fossé supérieur, qui recevra pendant les orages de grandes quantités d'eau.

Quant au drainage de la plate-forme, il a été impossible de le descendre à plus de 1m,50, et il existe entre les piquets 11 et 15 un bourbier qu'on craint de ne pas assécher avec ce premier travail d'assainissement, cependant le double drainage pratiqué sous les deux fossés de la plate-forme raffermira un peu le terrain, et l'on pourra entreprendre l'établissement d'un drain central, qui débouchera entre les piquets 16 et 17, et sera placé à 2m,50 en contre-bas de la plate-forme ; on s'est assuré par des sondages que cette profondeur serait insuffisante, circonstance heureuse, car il serait impossible de l'augmenter, à moins de chercher un débouché à une très-grande distance.

Le drain central sera formé de deux tuyaux de 0m,175 de diamètre, et pourra débiter, en raison de la pente de 0m,005 par mètre, environ 32 litres par seconde, soit 2,700 mètres cubes par jour ; mais les eaux sont tellement abondantes, qu'on craint de faire un travail insuffisant et par conséquent inutile, si l'on ne compte pas sur un pareil débit ; les quatre tranchées de drainage existant aujourd'hui dans cette partie du Dockenberg donnent déjà plusieurs centaines de mètres cubes d'eau par jour, et cependant elles ne pénètrent pas en plein dans la couche aquifère.

Les tranchées de drainage faites jusqu'à présent au Dockenberg ont coûté de 5 à 10 fr. par mètre courant. La dépense faite jusqu'à ce jour s'élève à la somme de 26,000 fr.

La dépense totale atteindra 60,000 à 70,000 fr., en y comprenant le revêtement de 40,000 mètres carrés de talus : le chiffre de 70,000 fr. correspond à une dépense de 1 75 c. ou de 1 fr. 25 c. par mètre carré de surface assainie, suivant que l'on compte seulement la superficie des talus ou que l'on y ajoute celle de la plate-forme.

PRIX DE REVIENT

DE TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT DE TRANCHÉES

ASSÉCHÉES PAR LE PROCÉDÉ SAZILLY SUR LE CHEMIN DE FER DE MULHOUSE.
(EXTRAIT D'UN MÉMOIRE DE M. MASSON, INGÉNIEUR[1].)

Pour établir les prix de revient des différents travaux d'assainissement exécutés dans notre section sur le chemin de Mulhouse, nous choisirons les tranchées les plus importantes de la traversée de la Haute-Marne entre Chalindrey et la Ferté, lesquelles se trouvent ouvertes, partie dans les marnes du lias et partie dans les marnes irisées.

Les chiffres que nous prendrons ici pour base représentent à peine un tiers des travaux exécutés; mais nous avons préféré rester dans ces limites, afin d'écarter toute erreur en n'opérant que sur des dépenses parfaitement distinctes et toutes spéciales à l'objet qui nous occupe.

PRIX ÉLÉMENTAIRE DES JOURNÉES ET MATÉRIAUX EMPLOYÉS AUX TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT QUI S'EXÉCUTENT EN RÉGIE DANS DIVERSES TRANCHÉES DE LA HAUTE-MARNE

Journée de 10 heures d'un terrassier de 1re classe.	4 fr	»
Idem. 2e classe ou manœuvre	3	25
Journée de 10 heures d'un maçon.	4	20
Mètre cube de pierre cassée d'une grosseur variant de 0,06 à 0,12, fourni par l'Entreprise et rendu.	7	05
Le même provenant des déblais et cassé en régie, fourni par l'Entreprise et rendu	3	50
Mètre cube de mortier hydraulique.	17	26
Tuiles creuses ordinaires du pays rendues sur les chantiers, le mille.	40	»
Tuyaux de drainage de 0.05 de diamètre, provenant des fabriques de Langres a 30 kilom. de distance réduite.	55	»
Manchons de 0,09 de diamètre id.	33	»

PRIX D'UN MÈTRE COURANT DE DRAINAGE AVEC TUILES CREUSES SUR MORTIER HYDRAULIQUE.

1° *Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.*

(NOTA. Tous les travaux d'assainissement executés jusqu'à ce jour se trouvent dans ce cas.)

[1] Voir le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*

DÉPENSES POUR 1,400 MÈTRES DE CANIVEAUX

MAIN-D'ŒUVRE ET FOURNITURES.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES.
	Journées.	fr.	fr.
Journées de terrassier de 1re classe. *Taluteur*[1].	104 6	4 00	418 40
Journées de terrassier de 2e classe. . .	224 3	3 25	728 98
Id. maçons.	89 1	5 20	374 22
Fourniture de tuiles creuses.	4,104 4	40 °/.	164 16
Mortier hydraulique	15 40	17 26	265 80
Pierre provenant des déblais et cassage.	218 04	3 50	763 14
TOTAL.			2,714 70

Cette dépense, qui s'applique à une longueur de 1,400 mètres de caniveaux et à une superficie de 6,564 mètres sup de talus assainis, mais non revêtus, fait sortir le prix de revient des premiers à 1 fr 93 le mètre courant et celui des seconds à 0,41 le mètre superficiel.

Le rapport qui existe ici entre le développement des caniveaux et la sur-

[1] Les ouvriers qu'on applique aux drainages se forment très-rapidement à ce genre de travail. Il suffit de quelques explications claires sur l'objet de l'opération, et d'indications très-précises sur la marche générale à suivre, pour faire bientôt d'un terrassier intelligent un excellent assainisseur.

Chaque brigade se compose de deux terrassiers et d'un maçon, et exécute, par journée de 10 heures, une longueur moyenne en nombre rond de 10 mètres courants de caniveaux, tout compris fouille, radier, recouvrement en pierraille, remblai, pilonnage et règlement.

Cette donnée résulte non-seulement du tableau des dépenses tel que nous le présentons, mais encore d'observations nombreuses faites en cours d'exécution. Il suit de là que le prix moyen des journées employées à ce travail étant de 3 fr 04, et chaque journée d'homme représentant 3m,33 de caniveaux exécutés, on a, pour la dépense en main-d'œuvre d'un mètre courant, 1 fr. 09, laquelle se vérifie par les chiffres du tableau : $\frac{1,528 \text{ fr. } 60 \text{ c.}}{1,400}$ = 1 fr. 09 c.

Mais, comme il importe, pour créer le sous-détail du prix de revient, de distinguer la dépense en terrassements de celle en maçonneries, on y arrivera en observant :

Que le maçon étant servi par le terrassier de 2e classe pour l'approche des matériaux à pied d'œuvre, il y a lieu de décomposer le temps du second en en reportant une partie au compte des maçonneries. Or, comme il est reconnu qu'il consacre à ce service 5 heures, quand le maçon en fait 10, on obtiendra ainsi le montant total de la dépense faite pour la construction des radier et de leur revêtement en pierrailles :

Jours 44,3 de terrassiers ou manœuvre, à 3 fr. 25 c.	144 fr. 63 c.
Jours 89,1 de maçon, à 4 fr. 20 c.	374 22
TOTAL.	518 fr. 85 c.

Laquelle somme, répartie sur les 1,400 mètres de caniveaux exécutés, donne pour le prix de la main-d'œuvre de maçonnerie, par mètre courant, 0 fr. 37 c.

Quant aux 0 72 (1 09 — 0 37) restant pour les terrassements, il sera de même facile de les décomposer, sachant d'ailleurs que, dans les conditions ordinaires, un terrassier peut ouvrir et régler une longueur de 20 mètres de rigoles d'une section moyenne de 0m,44, quand il en

face de talus assainis serait donc, quant à présent, de 1 à 4,70; mais il faut remarquer d'une part qu'aucune des tranchées sur lesquelles nous avons opéré n'étant encore à fond, et, de l'autre, que les assainissements effectués s'appliquant aux parties les plus mauvaises, cette proportion changera nécessairement après l'entier achèvement des travaux, c'est-à-dire que la situation peut devenir alors sensiblement meilleure.

2° *Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.*

Dans l'hypothèse de la fourniture des pierres cassées, le prix du mètre courant de caniveaux s'obtiendrait par la simple substitution de l'élément 7,05 à celui 3,50 porté au tableau général des dépenses. La dépense totale devenant alors 3,478 fr. 74, le prix du mètre courant serait de 2,48, et celui du mètre superficiel de 6,55[1].

Si l'on compare le prix de 2f,48 à celui de 2,92 qui a été atteint dans les travaux du même genre sur la ligne de Strasbourg, on trouve une différence de 0,44 en faveur du premier, bien que le cube et le prix de la pierre cassée soient chez nous beaucoup plus forts et que la section de déblais de nos rigoles soit presque double de celles de la tranchée de Gagny. Nous avons expliqué ailleurs les raisons qui nous avaient conseillé la substitution de la

remblayers 25, toute déduction faite de la place occupée par les matériaux en œuvre. On aura donc, en suivant cette proportion, 0f,39 pour fouille et jet de 0^{m3},44 de déblai. Ci. 0 fr. 39 c.

Et pour remblai de 0^{m3},27, toute déduction faite (0,72 — 0 39). . . . . 0 fr. 33 c.

Nota. — Les terres fouillées peuvent être déposées sur les bords de la rigole, puis reprises à longueur de bras pour le remblai en terre mélangée. L'excédant de cube se rejette dans la tranchée, où les wagons la prennent. Quant à la terre végétale, on la trouve sur la crête même des tranchées, où il est toujours prudent d'en faire un dépôt, tant en vue du revêtement des talus glaiseux que du rechargement des talus du remblai.

Nous pouvons donc maintenant dresser, au moyen des bases précédemment fixées, le sous-détail du prix d'un mètre courant de caniveaux en tuile creuse, avec recouvrement en pierre à la Compagnie.

Fouille et jet de 0^{m3},44 de terre, compris réglement du fond de la rigole, à 0 fr. 89 c. le mètre cube.	0 fr.	39 c.
Fourniture de 3 tuiles à 40 fr. le mille.	0	12
— de 0^{m},011 de mortier, à 17 fr. 20. La quantité de mortier par mètre courant est donnée par le tableau ([illegible]).	0	19
Extraction et cassage de 0,15 de pierre à 3 fr. 50 c.	0	53
(Dans les cas ordinaires, le cube en œuvre ne dépasse pas 0^{m},10, et reste souvent au-dessous; mais, quand un caniveau doit assainir deux lancs, ce qui se présente très-fréquemment dans nos travaux, le cube de pierre augmente sensiblement, à cause de la plus grande extension à donner au revêtement des parois mouillées.)		
Construction du radier et arrangement de la pierre, compris l'approche des matériaux.	0	37
Reprises et remblais de toute nature, pilonnage et dressement du talus, 0^{m3},27 de terre remaniée à 1 fr. 22 c.	0	33
TOTAL PAREIL.	1 fr.	93 c.

Nous pensons qu'on peut sûrement prendre les éléments de ce sous-détail pour évaluer la dépense de consolidation d'un talus par la voie préventive.

[1] Le sous-détail sera le même que le précédent, en ayant égard à la différence du prix de la pierre cassée.

tuile à la brique et la suppression des gazons; or, on voit que si ces raisons étaient bonnes au point de vue de la construction, elles ne le sont pas moins au point de vue de l'économie

La comparaison que nous venons de faire entre nos prix de revient et ceux de M. l'ingénieur Sazilly nous dispenserait de nous arrêter sur ceux du mètre superficiel de talus assainis, si le chiffre auquel nous arrivons et qui dépasse le sien de 0,04 ne semblait pas constituer une anomalie Quelques mots suffiront pour exprimer ce résultat. Dans la tranchée de Gagny, le rapport du développement des caniveaux à la surface des talus assainis est de 1 à 6, quand dans nos travaux de la ligne de Mulhouse ce rapport est, ainsi que nous l'avons dit, de 1 à 4,70. Il n'est donc pas surprenant que, tout en ayant un prix d'unité courante inférieur nous arrivions à un prix d'unité de surface supérieur, puisque ce dernier est tout à fait subordonné à l'importance des travaux qu'on exécute dans un espace déterminé. Dans le cas où l'éventualité favorable que nous avons admise nous conduirait à la même proportion qu'à Gagny, notre prix par mètre superficiel de talus deviendrait $\left(\frac{2 \text{ fr. } 48}{6}\right) = 0$ fr. 41, quand il est là de 0 fr. 49.

PRIX D'UN MÈTRE COURANT DE DRAINAGE AVEC TUILES CREUSES ET CORROI DE GLAISE.

Dans certains cas nous avons, à défaut de mortier, posé les tuiles sur corroi de glaise; mais nous devons dire que ce moyen n'a jamais été pour nous une question d'économie, la difficulté d'avoir le mortier en temps voulu et l'urgence de l'exécution nous l'ayant seules dicté, notamment pour la tranchée de Montesson, qui se trouve éloignée de tout chantier de maçonnerie et d'un accès très-difficile aux voitures.

Le choix de la glaise, sa préparation et son emploi pour former la couche des tuiles et le remplissage des joints, occasionnent un supplément de main-d'œuvre de pose qui équivaut certainement à la valeur du mortier en place; aussi ne croyons-nous pas qu'il y ait lieu de dresser pour cela un prix spécial, estimant que, sans crainte d'erreur, on peut reprendre intégralement les prix que nous avons donnés plus haut pour les tuiles creuses avec emploi de mortier. Soit 1,93 sans fourniture de pierre cassée, et 2,48 avec fourniture.

PRIX D'UN MÈTRE COURANT DE DRAINAGE AVEC TUYAUX DE 0,05 ET MANCHONS DE 0,09.

1° *Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.*

Il résulte des attachements pris sur le travail normal d'une brigade composée de trois hommes (2 terrassiers et 1 maçon) qu'elle peut livrer par journée de 10 heures une longueur de rigole drainée de 15 mètres, compris fouille, approche et pose des tuyaux, recouvrement en pierre cassée, remblai, pilonnage et réglement. Ce travail s'opérant avec un soin particulier sur des talus

ordinairement inclinés à 45° est à peu près moitié de celui qui se ferait en plaine pour des drainages ordinaires.

Le prix de revient du mètre linéaire, tiré des carnets de dépense pour une longueur de 550 mètres, exécuté ainsi dans les tranchées de Chaudenay et de Hortes, est de 1 fr. 59 et peut être analysé comme il suit :

Fouille et jet de $0^{m3},35$ de terre en rigole, compris toute sujétion de règlement du fond à 1 fr. 09.	0 fr.	38
Fourniture de 3 drains de 0,05 de diamètre à 53 fr. le mille rendu.	0	16
Fourniture de 3 manchons à 33 fr. id.	0	10
Extraction et cassage de $0^{m},127$ de pierre à 3 fr. 50 c. . . .	0	44
Main-d'œuvre de pose de drains et de leur recouvrement. . . .	0	20
Reprise de terre, remblai, pilonnage et règlement du talus, $0^{m},30$ courant à 1 fr. 03.	0	31
Prix du mètre courant.	1 fr.	59

Nota. La situation actuelle de ces travaux ne permet pas encore d'établir la relation des longueurs de drains avec les surfaces de talus assainis. Il en est de même du chemisage en terre végétale, qui, commencé tout récemment sur plusieurs points, n'a pas encore fourni assez de notes pour être évalué d'une façon rigoureuse.

2° *Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.*

Il suffit, dans le sous-détail qui précède, de substituer le prix de la pierre, r. 05 à celui de 3,50 qui y est appliqué, pour obtenir le prix de revient d'un mètre courant de drainage avec fourniture de tous matériaux par l'Entreprise.

Le sous-détail ainsi modifié devient, pour le cas dont il s'agit, 2 fr. 05.

PRIX DE RÉPARATION D'ÉBOULEMENTS.

Nous ne prétendons pas, par cette désignation de *prix de réparation d'éboulements*, laisser croire qu'il soit possible de poser pour l'évaluation de ces sortes de travaux des bases fixes et certaines, car les éboulements en général ont lieu de façons si diverses et proviennent souvent de causes si différentes entre elles, qu'on ne saurait en assujettir la réparation à une règle commune

Mais il est un cas d'éboulement dont nous dirons quelques mots, parce qu'il est assez ordinaire dans les tranchées déjà talutées, mais non assainies, et se reproduit même quelquefois dans des talus drainés, soit par suite d'un mauvais raccordement de rigoles, soit encore par suite de l'obstruction des chutes. Ce cas est celui où un talus glisse sur lui-même, entraînant un cube de terre plus ou moins considérable.

Il est rare que ces sortes d'éboulements, quand ils s'opèrent sur des points

assainis, s'étendent tout d'abord beaucoup en arrière de la crête des talus; mais, pour peu que la réparation se fasse attendre, le mal s'aggrave et les travaux à exécuter peuvent devenir alors fort importants, si le mouvement surtout a commencé pendant un temps de pluie

La réparation d'un éboulement quelconque de talus, aussitôt qu'il s'est produit ou que le mouvement semble arrêté, est donc à nos yeux une mesure indispensable, si l'on veut éviter de plus grandes avaries; mais il peut arriver que la réparation en grand ne soit pas possible sur l'heure, soit par le manque de bras si le cube à remanier est considérable, soit à raison de l'état de liquéfaction dans lequel se trouvent les terres, soit enfin à cause de la mauvaise saison. Dans ce cas, on doit prendre immédiatement un parti, celui d'aller droit au mal en recherchant le banc de glissement et y construisant une pierrée définitive pour arrêter la continuation des suintements à travers les terres déjà détrempées.

Cette rigole, s'exécutant dans le terrain vierge immédiatement en arrière de la masse éboulée, qu'elle isole en la contournant d'une extrémité à l'autre, doit être faite très-rapidement; la construction du radier doit suivre la fouille. Les pentes doivent en être fortement accusées et l'on ne doit pas craindre surtout d'augmenter les pierres du recouvrement dans une notable proportion, de façon à former une sorte d'enrochement solide au-dessus de la section d'écoulement

L'établissement de ces pierrées permet aux terres éboulées de s'assainir, et fait ordinairement disparaître toute inquiétude sur les suites de l'accident. Nous y avons, pour notre compte, recouru dans des circonstances graves où toute hésitation pouvait être dangereuse, et nous n'avons qu'eu lieu d'applaudir au résultat.

Nous allons maintenant faire connaître la dépense qu'a occasionnée la réparation de deux éboulements de nos tranchées, comme ayant lieu dans la condition dont nous avons parlé, c'est-à-dire par glissement de talus presque réglé, mais non encore assaini.

1° Tranchée de Beaulieu

Cube de l'éboulement (terres enlevées et remplacées par un cube égal pilonné)	227^{m3}00
Longueur Id	29 00
Hauteur verticale	5 00
Surface restaurée (talus à 45°)	125 00
Épaisseur moyenne de la tranchée éboulée	1 84
M/l^{res} de caniveaux en tuiles creuses établis	28 00
Id drains de 0,05	46 00
Cube de pierre pour recouvrement par mètre courant de drainage (pierre à la Cte, valeur 3 fr 50)	0 20

La restauration du talus, exécutée d'après ces bases, a coûté 946 fr. 50, soit par mètre superficiel. . . . . 7 fr. 66 c.
Et par mètre courant de drainage. 12 79

Nota. Ces prix n'auraient assurément pas été atteints, si la réparation avait été faite par un temps favorable; mais, en présence des menaces du coteau qui est fortement incliné et composé de très-mauvaises couches, on a dû la faire de suite, quand même et complétement, pour échapper à de plus sérieux accidents.

2° Tranchée de Chufflard.

Cube de l'éboulement.	466^{m3}	15
Longueur.	23	00
Hauteur verticale.	5	40
Surface restaurée (talus à 1 pour 1 1/2).	225	50
Épaisseur moyenne de la tranche éboulée.	2	07
M/l^{res} de caniveaux en tuiles établis.	92	00
Cubes de pierres à la Cie pour recouvrement par mètre courant.	0	20

Le talus[1], restauré dans ces conditions, a coûté 1,416 fr. 19 c., soit par mètre superficiel . . . . 6 fr. 28 c.
Et par mètre courant de caniveaux. 15 39

Nota. Nous avons, par nécessité, appliqué à l'éboulement de Chufflard le mode d'assainissement immédiat en contournant la masse éboulée : la réparation complète n'a eu lieu qu'après l'assèchement des terres et par un temps favorable ; de là le prix plus faible auquel nous arrivons, bien que le remaniement fût là plus considérable, et la tranchée plus profonde qu'à Beaulieu.

Les deux exemples que nous avons choisis, et qui représentent à peu près les cas que l'on est le plus susceptible de rencontrer dans l'exécution des tranchées, permettraient donc de faire une sorte de moyenne pour évaluer approximativement la dépense qu'occasionnerait la restauration de talus éboulés, non-seulement ici, mais sur d'autres lignes, à cause de la parité presque générale des salaires et du chiffre minime de la dépense en matériaux qui concourt à la dépense totale.

Cette moyenne serait, par mètre superficiel de talus restauré, tous les matériaux étant fournis par l'Entreprise, de. . . . . 7 fr. 11
Et par mètre courant d'assainissement. 14 94

Mais, quelque faibles que soient encore ces chiffres relativement à ceux obtenus ailleurs, ils n'en démontrent pas moins combien il est important de se préoccuper d'avance de la question des assainissements, puisqu'en opérant par la voie préventive on n'échappe pas seulement aux difficultés quelquefois très-grandes de la répression, mais encore aux dépenses énormes que cette répression, quelle qu'elle soit, nécessite.

[1] Si la pierre avait été fournie par l'Entreprise les prix de revient seraient à Beaulieu de 8 fr. 00 c. et 13 fr. 50 c., et, à Chufflard, 6 fr. 58 c. et 16 fr. 10 c.

ELÉMENTS

NÉCESSAIRES A LA DÉTERMINATION DU PRIX DE REVIENT DES TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ET DE CONSOLIDATION DES TALUS[1]. (EXTRAITS D'UN MÉMOIRE DE M. BRUÈRE, CHEF DE SECTION AUX CHEMINS DE L'EST, SUR LES ASSAINISSEMENTS DES TALUS DE TRANCHÉES ET DE REMBLAIS, PUBLIÉ DANS LE NOUVEAU PORTEFEUILLE DE L'INGÉNIEUR.)

TRANCHÉES

CANIVEAUX

1° — *Matériaux.*

Briques. — La quantité de briques nécessaires à la construction d'un mètre courant de caniveau est déterminée par la longueur de celles dont on fait usage. Il en faut douze par mètre, de celles que j'ai dit être préférables pour l'assainissement des talus argileux ($0{,}25 \times 0{,}08 \times 0{,}05$). La valeur de ces briques peut être de 30 francs le mille, rendues au chantier.

Le prix des briques pour 1 mètre courant de caniveau sera donc de :

$$\frac{30 \times 12}{1{,}000} = 0 \text{ fr. } 36 \text{ c } (a).$$

Mortier. — Il faut en moyenne $0^m{,}011$ de mortier hydraulique pour la maçonnerie d'un mètre courant de caniveau. En supposant que le mètre cube coûte 15 francs, l'on trouvera que pour 1 mètre courant de caniveau la dépense pour le mortier est de $0{,}011 \times 15{,}00 = 0$ fr. 16 (*b*).

Pierre cassée. — Le cube de la pierre cassée qui entre dans la construction des caniveaux est, d'après les calculs que j'ai faits récemment, $0^m{,}038$ par mètre de longueur. En supposant que le mètre cube de pierre cassée coûte 6 francs, transport compris, la dépense pour 1 mètre de caniveau sera $0{,}038 \times 6$ fr. $= 0$ fr. 23 (*c*).

Gazon. — La surface du gazon nécessaire au recouvrement de la pierre cassée est d'environ $0^m{,}50$ par mètre courant. En supposant que le mètre carré de gazonnement à plat coûte 0 fr. 60, le prix du recouvrement en gazon de 1 mètre courant de caniveau sera donc de $0{,}50 \times 0$ fr. $60 = 0$ fr. 30 (*d*).

J'ai choisi pour faire les évaluations précédentes les cas les plus défavorables. Ainsi je suppose que le mille de petites briques coûte 30 francs : sur aucun des points de la ligne de Wissembourg le prix n'a dépassé 25 francs le mille ; — le prix du mortier, tel qu'il doit être pour la maçonnerie des caniveaux,

[1] Voir, dans le *Portefeuille*, le Mémoire complet avec les planches qui l'accompagnent

n'atteint que très-rarement le chiffre que j'ai donné ; — la moyenne du prix du mètre cube de pierre cassée s'élève rarement à 6 francs : la dépense est bien plus faible encore quand on emploie des scories ou même des cailloux roulés. Je suppose enfin que le prix du mètre carré de gazonnement est de 0 fr. 60 ; dans cette somme est naturellement comprise l'indemnité due au propriétaire du terrain. Mais il arrive presque toujours qu'il est impossible d'en extraire des parcelles de terrain comprises dans la zone d'acquisition, et alors le prix ne se compose plus que du transport et d'une main-d'œuvre bien facile. Si maintenant on remplace le gazon par des plaques de glaise, le prix du recouvrement en question deviendra presque nul.

En réunissant les différents prix trouvés précédemment, on verra que la dépense pour matériaux nécessaires à la construction d'un mètre courant de caniveau est ainsi composée :

Briques.	(a)	0 fr.	36
Mortier.	(b)	0	16
Pierres cassées.	(c)	0	23
Gazon.	(d)	0	30
Total.		1 fr.	05

2° — *Main-d'œuvre*

Fouille. — Il est reconnu qu'un ouvrier peut faire la fouille de 50 mètres courants de caniveaux en douze heures, compris le règlement. Le prix moyen d'un terrassier étant de 3 francs la journée de dix heures, on aura pour 1 mètre courant de fouille de caniveaux :

$$\frac{12 \times 3 \text{ fr. } 00 \text{ c.}}{10 \times 50} = 0 \text{ fr. } 72 \text{ c. } (e).$$

Maçonnerie. — Un maçon peut, dans des circonstances ordinaires, construire 50 mètres courants de caniveaux en douze heures, et il faut un manœuvre pour deux maçons. Le prix de la journée d'un maçon étant de 4 francs pour dix heures de travail et de 3 francs pour celle d'un manœuvre, le mètre courant de maçonnerie de caniveau doit revenir à :

$$\left[\frac{\left(\frac{24 \text{ h.} \times 4 \text{ fr. } 00 \text{ c}}{10 \text{ h.}}\right) + \left(\frac{12 \text{ h.} \times 3 \text{ fr. } 00 \text{ c}}{10 \text{ h.}}\right)}{100 \text{ mètres.}}\right] = 0 \text{ fr. } 13 \text{ c. } (f)$$

Le transport de matériaux tels que briques, mortier, gravier, gazon, se fait assez avantageusement au moyen de hottes. L'ouvrier peut circuler plus facilement sur les banquettes des caniveaux, et il y a beaucoup moins de dégâts à craindre que lorsque les transports se font à la brouette.

Les hottes que j'ai fait faire à Vendeuvres cubent en moyenne $0^{m},020$; elles sont en osier et doublées en tôle à l'intérieur.

Transport. — 1° Pierre cassée. De la manière indiquée ci-dessus, un

ouvrier peut transporter 5 mètres cubes de pierre cassée en dix heures. Ce qui porte à 79 mètres la longueur des caniveaux, qui peuvent être remplis en dix heures par la quantité transportée par un ouvrier.

En supposant qu'il faille un chargeur pour deux porteurs, 2×79 mètres ou 158 mètres courants de caniveaux seront remplis en dix heures par trois ouvriers. A 3 francs la journée de dix heures, ces 158 mètres coûteront 3×3 fr. = 9 fr. 00 de transport et 1 mètre courant :

$$\frac{9 \text{ fr. } 00 \text{ c}}{158} = 0 \text{ fr. } 057 \ (g)$$

Je ne parlerai pas du transport du gazon, le prix en étant compris dans les 0 fr. 60 comptés plus haut.

Réunissant donc les prix ci-dessus de la main-d'œuvre, on aura pour le prix d'un mètre courant de caniveaux :

Fouille.	(e)	0 fr. 072
Maçonnerie.	(f)	0 13
Transport de pierre cassée.	(g)	0 057
Total.		0 fr. 259

Joignant à cette somme le prix du *transport des terres provenant du déblai des caniveaux*, $0^{m},10 \times 1$ fr. 00 = 0 fr. 10 et le prix des matériaux, on verra qu'un mètre courant doit revenir, dans des circonstances ordinaires, à

1 fr. 05 + 0 fr. 26 + 0 fr. 10 = 1 fr. 41.

REVÊTEMENTS.

Un chantier bien organisé pour le pilonnage des terres servant au recouvrement des talus doit être composé dans la proportion suivante :

2 chargeurs,
2 rouleurs,
4 lanceurs,
1 régaleur,
4 pilonneurs,
1 régleur,
1 chef d'atelier.

J'ai reconnu que le travail de ces quinze ouvriers peut produire 75 mètres carrés de revêtement de $0^{m},50$ d'épaisseur en une journée de dix heures. Si on suppose que les terrassiers soient payés à raison de 0 fr. 30 l'heure et le chef de chantier 0 fr. 50, la dépense de main-d'œuvre pour 75 mètres carrés de pilonnage sera donc de 47 fr., et pour 1 mètre carré de 0 fr. 626 (a).

Le recouvrement des talus en trois couches, comme l'indique M. Sazilly, est abandonné depuis fort longtemps; voici comment il faisait :

Supposons un talus à consolider; une première couche de terre remplissait

les redans ; après le battage de cette première couche le talus droit était rétabli et les redans devenaient par conséquent inutiles. On répandait ensuite deux autres couches *a*, *b*, que l'on pilonnait ou plutôt que l'on battait séparément. De cette manière on formait dans le recouvrement lui-même des surfaces lisses qui facilitaient le passage des eaux de pluie ou des dégels. Des revêtements semblables avaient très-peu de solidité : on les a remplacés par des revêtements pilonnés par couches horizontales de 0^m,15 à 0^m,20 d'épaisseur.

J'ai dit ailleurs la manière de pilonner les terres des recouvrements; j'ai dit aussi le nombre d'ouvriers nécessaires à la bonne organisation d'un chantier de pilonnage. Il ne me reste plus qu'à indiquer la manière dont je dispose un atelier.

Il est avantageux de n'entreprendre les travaux de recouvrement que sur une longueur totale de 30 mètres divisés en trois entre-profils de 10 mètres.

Les ouvriers sont ainsi placés dans chacune des parties de la travée de 30 mètres : dans l'une travaillent les quatre pilonneurs; dans une autre, un régaleur et les quatre lanceurs ; et enfin, dans la troisième, le régleur : les rouleurs doivent décharger les terres dans l'entre-profil où travaillent les lanceurs et le régaleur.

De cette manière, le travail se fait beaucoup plus régulièrement ; l'ouvrier ne perd pas de temps, et il a bien vite compris le travail dont il est chargé.

J'ai l'espoir qu'on ne trouvera pas mal que je parle de l'organisation d'un atelier : il est bien reconnu que de la bonne organisation d'un chantier il résulte souvent des économies considérables et un travail mieux fait.

J'ai supposé tout à l'heure que les terres du recouvrement étaient prises dans les cavaliers de dépôt provenant du retroussis de terre végétale qui se fait généralement en commençant le déblai des tranchées. Mais, quand par avance on reconnaît la nécessité d'assainir les talus d'une tranchée, il est très-avantageux de réserver au-dessus des talus une quantité de terre végétale suffisante au recouvrement et que l'on n'enlève que lorsqu'on en a besoin. C'est ainsi que l'on a pu avoir à proximité des terres toujours bien fraîches. On avait pris les dispositions nécessaires pendant le déblai pour qu'il restât au-dessus de la banquette, au niveau de la partie supérieure des glaises, un volume de terre végétale et sable argileux correspondant à celui nécessaire au recouvrement de la partie argileuse du talus.

Dans de semblables circonstances, il suffit alors de deux piocheurs, deux lanceurs, un régaleur, quatre pilonneurs et un régleur ; ajoutons-y un chef d'atelier, nous aurons, en évaluant le prix de la journée comme ci-dessus, une dépense de 35 francs au lieu de 47 francs, ce qui ne porte plus le mètre carré de pilonnage qu'à 0 fr. 466. On voit donc qu'en agissant comme je viens de le dire on fait une économie réelle de 0 fr. 10 par mètre carré de pilonnage.

BANQUETTES.

Les banquettes ont en général 1 mètre de largeur ; donc, d'après le prix ad-

mis précédemment pour le gazonnement à plat, le mètre courant de gazonnement de banquette coûte 0 fr. 60.

Les banquettes étant à 4 mètres de distance verticale les unes des autres cette dépense 0 fr. 60 se répartit entre les 7m,21 de distance suivant l'hypoténuse ; d'où les banquettes coûtent :

$$\frac{0,60}{7,21} = 0 \text{ fr. } 083\ (b) \text{ par mètre carré de talus.}$$

CUVETTES.

Les cuvettes en maçonnerie construites à la jonction inférieure de deux pentes opposées de banquettes doivent se trouver, d'après ce qui a été dit déjà, à 60 mètres environ de distance les unes des autres. Or elles doivent avoir 1 mètre de largeur sur 0m,30 d'épaisseur ; ce qui fait qu'elles cubent 0m,30 par mètre courant. Donc, en supposant qu'un mètre cube de maçonnerie coûte 15 fr., on aura 4 f.. 50 pour prix d'un mètre courant de cuvettes, laquelle somme, répartie entre 60 mètres carrés, donne

$$\frac{4,50}{60} = 0 \text{ fr. } 075\ (c) \text{ par mètre carré de talus.}$$

SEMIS.

Le mètre carré de semis en graine de luzerne et de foin est payé assez souvent à raison de 0 fr. 03 (*d*) : cette somme me paraît bien suffisante.

Le mètre carré de recouvrement revient donc, tout compris :

Pilonnage.	(*a*)	0 fr. 626
Gazonnement de banquettes. .	(*b*)	0 083
Cuvettes en maçonnerie. . . .	(*c*)	0 075
Semis.	(*d*)	0 030
TOTAL.		0 fr. 814

Le cube du déblai enlevé pour faire place au pilonnage est de 0m,30 par mètre carré de talus. Le prix de ce déblai étant fait à raison de 1 fr. le mètre cube, le prix précédent devient :

$$0 \text{ fr. } 814 + 0 \text{ fr. } 30 = 1 \text{ fr. } 11$$

Je dois faire remarquer encore ici que j'ai supposé qu'il était nécessaire de transporter les terres à 30 mètres ; que le prix du gazon comprenait l'indemnité au propriétaire du terrain où il a été extrait. Le prix 1 fr. 11 se réduirait à 0 fr. 80, en supposant qu'il soit possible de faire l'économie de 0 fr. 16 expliquée plus haut et que le gazon soit extrait dans des terrains compris dans la zone d'acquisition pour la construction des chemins de fer.

Les prix que j'indique diffèrent sensiblement de ceux trouvés par M. Sazilly. Ainsi il évalue à 2 fr. 92 le mètre courant de caniveau ; j'ai fait voir déjà

que, même dans des circonstances défavorables, il ne doit coûter que 1 fr. 41. Cette différence tient aux dimensions des briques, qui exigent une fouille d'autant moins considérable qu'elles sont de moindres dimensions; cela dépend surtout de la disposition de ses caniveaux, qui exigeaient une fouille plus considérable, plus difficile et une plus grande quantité de pierres cassées.

La différence du prix des revêtements n'est que de 0 fr. 16, comparant les prix que je donne à celui de M. Sazilly; mais il est bon d'observer qu'outre cette économie de 0 fr. 16 par mètre carré, j'ai fait entrer dans le prix 1 fr. 14 la dépense nécessaire à la construction des cuvettes en maçonnerie et au gazonnement des banquettes.

Quant au prix de revient du mètre carré de talus, tout compris, assainissement et revêtement, il n'est guère possible de le déterminer exactement à l'avance. Il varie d'après la quantité des bancs de suintement. M. Sazilly cite la tranchée de Gagny, où l'on n'a construit qu'un mètre courant de caniveau pour 6 mètres carrés de talus. Mais toutes les tranchées n'ont pas aussi peu de bancs de suintement. Je citerai aujourd'hui la tranchée de la Vinoterie, où l'on est obligé d'établir presque 1 mètre courant de caniveau par mètre carré de talus. On conçoit la différence qui doit résulter dans la dépense nécessaire aux travaux d'assainissement des talus de ces deux tranchées. Il est juste de dire que la quantité relative de caniveaux à la tranchée de la Vinoterie sera rarement aussi forte

REMBLAIS

La dépense nécessaire à la consolidation d'un remblai argileux ne peut guère s'évaluer d'avance avec une certaine approximation. Elle varie avec la hauteur des remblais, leur disposition, la nature des terres, la distance du transport et le prix des pierres ou des cailloux.

Je vais reprendre la supposition que j'avais faite de consolider les talus du remblai des Couveaux. Le cube des contre-forts est d'environ 8,200 mètres. Or, en supposant que la dépense pour fouille, transport et pilonnage des terres, soit de 1 fr. par mètre cube, le prix des contre-forts sera 8,200 francs.

Le cube des empierrements serait à peu près de 750 mètres. Le prix étant supposé de 10 francs le mètre cube, la dépense nécessaire à l'établissement de ces empierrements serait donc de 7,500 francs.

Les travaux de consolidation de ce remblai coûteraient donc 15,700 fr.

Quoique cette somme soit assez peu importante, on ferait exécuter les mêmes travaux à un prix moindre et dans de meilleures conditions en remplaçant l'empierrement par un fascinage.

Les fascines ayant $0^{m},25$ d'épaisseur, le cube de la pierre cassée, ou des cailloux, ou des scories, sera au plus de 627 mètres. En faisant les fascines

avec les dimensions suivantes : 0m,70 de longueur, 0m,25 de diamètre, on devra en employer 20,200

La fourniture du bois (bouleau ou genêt), la façon et la pose des fascines, peuvent être évaluées à 0 fr. 15 pièce, ce qui fait pour les 20,200 fascines une dépense de 3,030 francs.

Les pierres cassées étant payées à raison de 7 francs le mètre cube, la dépense totale sera de 4,580 francs.

En remplaçant les empierrements par les fascines en pierres cassées, l'économie ne sera pas appréciable : elle sera peut-être nulle. Le seul avantage qu'on en retirera, ce sera la solidité du travail. Mais, si l'on employait du gravier ou des scories au lieu de pierres cassées, elle pourrait être de 2 ou 3,000 francs, elle serait plus considérable encore si l'on se contentait d'employer des matières beaucoup plus communes toute espèce de substance perméable, par exemple des débris de pierres gélives ou non

PRÉCAUTIONS

PRISES OU A PRENDRE CONTRE LES AMONCELLEMENTS DE NEIGE (EXTRAIT D'UNE NOTE DE M. GOSCHLER SUR SON VOYAGE EN ALLEMAGNE.)

Bavière. — Exploitation en hiver. — En temps de neige, chaque garde-ligne est accompagné de deux hommes : quand la neige devient très-abondante vers minuit, les hommes vont appeler les ouvriers supplémentaires dans les villages environnants ; ceux-ci sont habitués aujourd'hui à se rendre aux points accoutumés. Quand les brigades sont réunies, elles attaquent la neige en pratiquant des tranchées et en enlevant la neige sur 1m,45 à 1m,75 de largeur et sur toute la hauteur. La voie ainsi déblayée, on fait avancer la machine, précédée d'un traîneau pesant 15,000 kilogrammes, wagon à six roues garni de lames de tôle en forme de charrue

Les hommes ont soin de pratiquer de petites niches dans la neige pour se garer du train, qui doit toujours siffler pour annoncer son arrivée.

Dans les grands amoncellements de neige, l'ouverture des chemins se fait en trois opérations distinctes :

1° Cunette ouverte à bras d'hommes ;

2° Élargissement fait avec la machine ;

3° Enlèvement à bras d'hommes.

Pour frayer, il vaut mieux atteler la machine du traîneau immédiatement au train ; autrement il peut se faire que si la machine-pilote marche en éclaireur, il se forme un nouvel encombrement en arrière

Quand il faut franchir un obstacle, on élève la tension de la vapeur jusqu'à 8 et 9 atmosphères.

Les embarras de neige les plus sérieux sont ceux qui se produisent quand le vent souffle de l'ouest, le *voehne*, et donne avec force : c'est ce que les Allemands appellent *schneewehen*, tourmentes de neige, qui arrivent généralement dans les mois de février et mars, entre dix et onze heures de la nuit : il est très-rare que l'orage éclate pendant le jour.

Dans ce cas, il arrive que les trains sont arrêtés, et que trois machines même attelées à la suite l'une de l'autre sont prises dans la neige.

Lorsque la neige est tombée avec trop d'abondance, au point d'empêcher les ouvriers de secours de sortir des villages, la voie ne peut être frayée immédiatement, et la machine ne peut plus passer. Les trains restent alors en place pendant un laps de temps plus ou moins long, selon la localité où se produit l'encombrement. Ainsi, dans la partie de la ligne la plus élevée, où le climat est le plus rude, où les hommes ont le plus de vigueur, entre Kemptem et

Kaufbeuren, vers Gunzach, située à 427 mètres au-dessus du niveau du lac de Constance, et à 812 mètres au-dessus de la mer, le stationnement des trains ne dure guère que quelques heures; mais, vers Schwabmunchen, entre Buchloe et Augsbourg, à l'altitude de 500 mètres, où les hommes sont moins aguerris, moins forts, moins exercés, l'arrêt des trains dure quelquefois un et même deux jours.

Les ouvriers supplémentaires sont payés à raison de 1 fr. 30 c. pour huit à neuf heures de travail de jour ou cinq à huit heures de nuit.

L'administration ne leur donne point de vivres; avant de quitter leurs demeures ils prennent une solide nourriture et emportent au travail un morceau de pain.

Dans les remblais ou levées, il faut avoir grand soin de dégarnir toute la surface de la plate-forme de la neige qui s'y amoncelle : le moindre amoncellement devient une cause d'embarras; aussi doit-on commencer par frayer la voie, puis, une fois le train passé, on achève le déblai de neige en ménageant des surfaces planes, afin de présenter au vent le moins d'obstacles possibles.

Chemins Saxo-Bavarois. — En hiver, l'exploitation ne présente pas de difficultés spéciales; le tracé du chemin et quelques paraneiges préservent la voie des tourmentes de neige.

Quand la neige tombe très-abondamment et qu'elle s'amoncelle, on emploie avec succès le chasse-neige, qui peut faire traverser des épaisseurs de neige qui s'élèvent jusqu'à $1^m,40$ (cinq pieds).

Quand les rails sont gras ou qu'il tombe du verglas, les gardes-lignes sont chargés de répandre, au moyen d'un petit réservoir muni d'un long tube, du sable sur les rails, aussi bien pour augmenter l'adhérence des roues motrices à la remonte que l'action des freins à la descente.

Les machinistes ont l'ordre d'en faire de même avec leurs appareils à sable; il est important que, dans ces deux cas, le sable employé soit toujours parfaitement sec.

Wurtemberg. — Sur les chemins de Wurtemberg les neiges ne sont pas très-abondantes; en quelques points seulement la neige s'amoncelait; on y a remédié en élevant à côté de la ligne de petits cavaliers de $1^m,15$ à $1^m,45$ de haut, selon que l'on peut se procurer des terres à bon compte.

Pour frayer la voie, quand la neige n'a pas plus de $0^m,60$ de hauteur environ, et quand elle n'est pas trop serrée, on la repousse au moyen d'une charrue suspendue à l'avant d'un wagon ordinaire à huit roues, lourdement chargé; les lames de la charrue s'élèvent à $0^m,10$ au-dessus du rail.

Quand la neige s'élève à plus de $0^m,60$ de hauteur, ou quand elle est très-dense, il faut frayer la voie à bras d'hommes.

En somme, l'hiver n'apporte pas de grandes difficultés dans l'exploitation, et la circulation n'en est jamais interrompue.

Prusse. — Aux chemins de fer prussiens, on n'a pas rencontré de difficultés à parcourir les tunnels ; mais les forêts donnent, en automne, beaucoup de peine à l'exploitation.

Le temps des neiges est très-pénible pour l'exploitation. M. Hartwich pense que, dans le cas d'orage de neige, il n'y a rien à faire que d'arrêter l'exploitation ; généralement ces tourmentes de neige ne durent guère plus d'un ou deux jours. Quand elles ont cessé, on vient déblayer à bras d'hommes, les charriots, traîneaux, etc., ne sont d'aucun secours.

Dans les chemins du Nord et de l'Est, en Prusse, on a été arrêté avec six machines dans la neige, à 16° Réaumur de froid ; les pompes gèlent ; et, ce qui est plus mauvais encore, c'est qu'il se forme sous les roues des machines de petits coins de glace que l'on ne peut enlever et qui font patiner les roues.

NOTE

SUR LES MOYENS DE PRÉVENIR LES AMONCELLEMENTS DE NEIGE
SUR LES CHEMINS DE FER

PAR M. W. NORDLING

INGÉNIEUR EN CHEF DU RÉSEAU CENTRAL D'ORLÉANS

Exposé. — Les habitants du Cantal ont beaucoup insisté sur la nécessité de tenir le plus grand compte, dans la détermination du tracé à travers le Lioran, du danger résultant des amoncellements de neige sur la future voie de fer, mais ils n'ont formulé aucun principe propre à atteindre le but. Les renseignements recueillis, de son côté, par la compagnie d'Orléans étant vagues et parfois contradictoires, j'ai voulu chercher un surcroît de lumière en Allemagne où la question des neiges s'est imposée avec une grande force dès l'origine des chemins de fer. A cet effet, je me suis rendu à Vienne au moment de l'assemblée bisannuelle des ingénieurs allemands, et j'ai visité les lignes de Strasbourg à Vienne avec la traversée de « l'Alpe de Souabe, » et de Vienne à Trieste avec la double traversée des Alpes noriques au Sommering et et des Alpes Juliennes au karst. J'ai parcouru à pied les parties les plus importantes de ce dernier passage en compagnie du personnel de l'entretien

I. — TRAVAUX DE DÉFENSE EXÉCUTÉS OU PROJETÉS EN ALLEMAGNE

PLATEAU SOUABE.

Entre Stuttgart et Ulm le chemin de fer traverse la chaîne dite Alpe de Souabe, qui forme un vaste plateau à 600 mètres au-dessus de la mer, où la neige est habituellement si abondante que les diligences mêmes sont placées sur des traîneaux et que le matériel des communes comprend à côté de la pompe à incendie un chasse-neige à traction de chevaux (*bahnschlitten*) sans lequel les communications vicinales seraient fréquemment interrompues.

Le chemin de fer gravit le plateau souabe au moyen d'un plan incliné fort connu, de 22 millim. sur environ 7 kilomètres.

Plantations. — Le premier ouvrage de défense contre la neige qu'on rencontre est une plantation de sapins établie sur les deux crêtes du remblai de 10 à 15 mètres qui précède la station de Geislingen (pied de la rampe). Il paraît que ce remblai, situé à l'embouchure d'une vallée latérale, est exposé à des vents violents soufflant des deux côtés.

Des plantations analogues s'aperçoivent également le long de certaines petites tranchées du plateau supérieur, mais aucune mesure n'a été prise dans l'étendue du plan incliné, appuyé contre un flanc de coteau escarpé. Jamais pourtant la circulation n'est interrompue.

Ce premier exemple vient corroborer une opinion qui paraît passée à l'état d'axiome en Allemagne c'est que la neige n'est redoutable que dans les plaines et les pays ouverts et non dans les montagnes. Il est vrai qu'en Allemagne les montagnes sont généralement boisées.

LIGNE DU BRENNER

Le chemin aujourd'hui en construction à travers les Alpes rhétiques par le col du Brenner part de la gare d'Innsbruck à la cote 579 mètres, s'élève avec une rampe de 25 millim. jusqu'au faîte séparatif qu'elle tranchit en remblai à l'altitude de 1367 mètres, et s'abaisse ensuite avec une déclivité maxima de 22 millimètres et demi pour aller gagner à la cote 262 la gare de Botzen, aujourd'hui tête de ligne de l'embranchement rejoignant Vérone par la vallée de l'Adige. C'est donc un chemin de premier ordre d'une importance européenne Sur tout son parcours de 123 kilomètres, entre Innsbruck et Botzen, la ligne du Brenner se trouve absolument dans les conditions des chemins alpestres, tantôt au fond d'une gorge étroite, tantôt sur le flanc de coteaux à pic, tantôt dans la région des avalanches.

Les habiles ingénieurs de cette ligne, qui par leurs antécédents en Suisse, ont une expérience toute spéciale des neiges, se sont livrés à des études locales fort détaillées, au bout desquelles ils ont adopté deux genres d'ouvrages spéciaux.

1° A l'emplacement bien connu des avalanches, des tunnels en maçonnerie à parement vu extérieur d'un côté, et recouvert d'un plan incliné également en maçonnerie (fig. 86 et 87)

2° Aux endroits où les gelées décomposent les rochers et détachent des fragments mêlés de glaçons qui pourraient rouler sur la voie, des digues en terre ou en charpente (fig. 88 et 89).

Quant aux amoncellements de neige dus à l'effet du vent, les ingénieurs de la construction du Brenner ne s'en préoccupent en aucune façon ; ils sont convaincus que ces effets seront peu redoutables et pourront toujours être efficacement combattus, soit par des plantations, soit par des parois en planches.

PASSAGE DU SÖMMERING.

Dans la plaine qu'on traverse au départ de Vienne, on remarque çà et là quelques digues ou parois dont la hauteur atteint à peine 1m,50

On est d'autant plus étonné, à partir de la gare de Gloggnitz, c'est-à-dire sur le parcours proprement dit du fameux passage alpestre, de ne plus apercevoir aucune trace d'une défense contre la neige. On atteint pourtant au point culminant l'altitude de 895 mètres et les cimes neigeuses des Alpes noriques s'aperçoivent çà et là à faible distance.

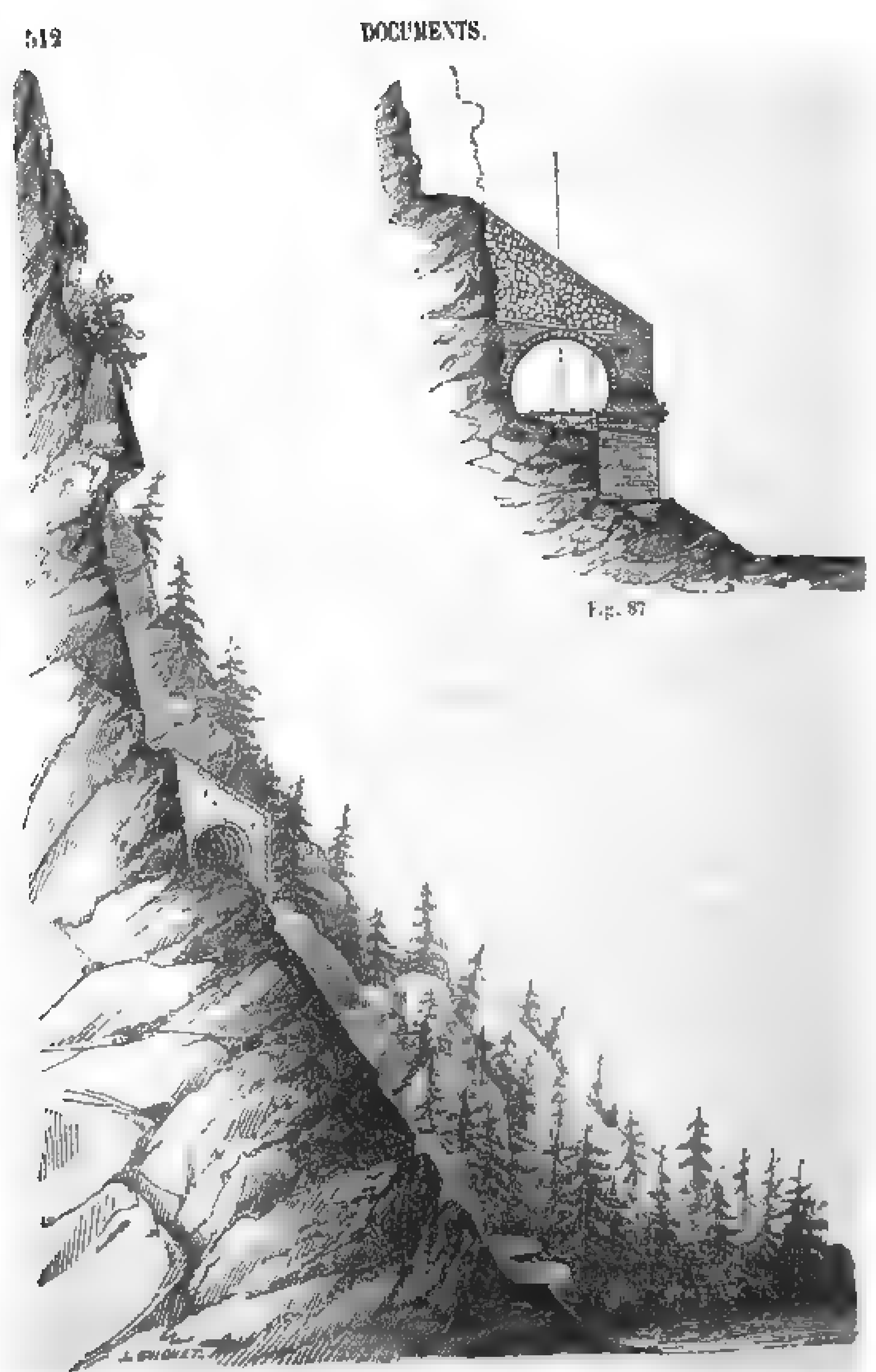


Fig. 87

Fig. 86.

Portes de tunnels — On m'avait dit que les tunnels avaient dû être munis de portes pour être préservés de l'envahissement des neiges.

Le fait est que le grand tunnel culminant seul est muni d'une porte du côté de la Styrie, et cela dans le but unique de prévenir dans l'intérieur du

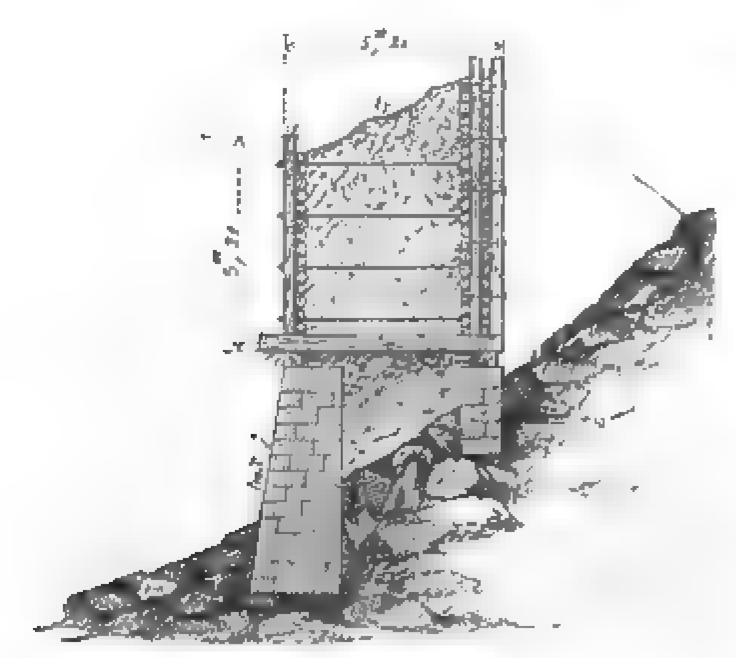


Fig. 88.



Fig. 89.

tunnel la formation des stalactites de glace, contre lesquelles les mécaniciens s'étaient parfois heurtés.

Le même fait s'est également produit au grand tunnel du Hauenstein (Bâle-Olten) où, m'a-t-on dit, des rideaux ont été successivement ajoutés aux deux têtes.

TRAVERSÉE DU KARST.

Chose curieuse! cette même ligne qui traverse le Sömmering sans jamais être interrompue par la neige, sans même donner de souci à l'exploitation, devient à son extrémité méridionale, au bord de l'Adriatique, la terre classique des encombrements de neige. Nulle part ailleurs en Allemagne des effets aussi saisissants ne se sont produits.

Effets du vent — Dès le premier hiver d'exploitation, et malgré quelques travaux de défense établis pendant la construction, la circulation des trains a été interrompue sur 52 points entre Divacca et Adelsberg, sur une longueur de 42 kilomètres. Beaucoup de tranchées étaient comblées de neige, quelques-unes jusqu'à 8 mètres de profondeur, et on ne parvint à y dégager l'une des deux voies qu'après un labeur de 3 jours effectué avec le concours des troupes et des populations. Peu après, la « bora, » ce terrible vent du nord-est, auteur de tout le mal, se leva de nouveau et occasionna une seconde interruption qui ne devait pas être la dernière. Dans ce seul hiver de 1857-58, il y eut 8 encombrements dont deux entraînèrent une interruption complète de plusieurs jours. Et pourtant rien n'avait été ménagé pour maintenir la circulation car, si j'en crois les assurances qui m'ont été données, on a dépensé dans la campagne en question plus de 150,000 francs pour l'enlèvement des neiges. On se hâta du reste de profiter de la leçon, et, dès le printemps 1858, on s'occupa d'un projet général de défense qui, reçut aussitôt un commencement d'exécution. Les travaux consistaient exclusivement en « schneewands, » c'est-à-dire en écrans verticaux, les uns en maçonnerie, les autres en planches [1].

Les travaux exécutés ayant produit, l'hiver après, de bons résultats, on leur donna successivement une plus grande extension. Et, comme les années suivantes, la durée des interruptions et les dépenses d'enlèvement allaient constamment en décroissant et avaient même fini par disparaître, on croyait déjà avoir atteint le but, quand tout à coup l'hiver extraordinaire de 1863-64 amena une nouvelle interruption générale de 4 jours et une dépense en main-d'œuvre de 12 à 15,000 francs. Cette épreuve décisive permit de juger le mérite des dispositions adoptées, et amena une découverte importante : c'est que la Bora, à laquelle, dans les projets de 1858, on avait attribué une direction unique, non-seulement variait depuis le nord jusqu'à l'est (ce que tout le monde savait), mais affectait au même instant, sur certains points très rapprochés, deux et même trois directions notablement différentes, presque contraires. Ce fait fut, entre autres, constaté par des drapeaux plantés pendant la tourmente dans l'étendue de la gare d'Adelsberg, où l'anomalie semble

[1] Ces sortes d'écrans ne sont point une invention nouvelle. Ils sont également, et depuis longtemps, en usage en France, sur les lignes de l'Est, certaines routes des Vosges, etc.

devoir être attribuée au voisinage de plusieurs pics de montagne saillants. Les travaux de défense primitifs de cette gare durent donc être modifiés et complétés. Mais les quelques insuccès partiels, loin de décourager les ingénieurs, ne semblent qu'avoir stimulé leur ardeur, et ils se croient sûrs aujourd'hui de mettre leur ligne en complète défense, du moins contre le vent régnant.

Cette dernière réserve est motivée par un fait curieux, constaté également l'hiver dernier. Une tranchée qui, depuis l'origine de l'exploitation, ne s'était jamais encombrée fut, par suite d'un écart anormal du vent, remplie de neige mais au moment où, après avoir dégagé les tranchées précédentes, les locomotives de secours arrivèrent avec le chasse-neige pour la débarrasser à son tour, la tranchée s'était débarrassée d'elle-même, balayée par le vent qui avait repris sa direction habituelle.

L'ambition des ingénieurs de la ligne du Karst ne va pas du reste à une protection complète de leur ligne. Tout ce à quoi ils aspirent, c'est d'éviter les interruptions de service et d'assurer le fonctionnement des chasse-neige Tant que la profondeur ne dépasse pas 2 mètres, le chasse-neige en fait justice. Quelque extraordinaire que le fait puisse paraître, il m'a été affirmé par deux témoins personnels, à savoir, qu'une fois le chasse-neige, vivement poussé par deux locomotives, avait victorieusement percé une courte tranchée remplie d'au moins 4 mètres de neige

Chasse-neige du Karst. — Il faut dire que les chasse-neige du Karst ont une disposition et des dimensions tout à fait exceptionnelles. Ce sont de grandes caisses en tôle montées sur un châssis à 6 roues qu'elles enveloppent de toute part jusqu'à quelques millimètres au-dessus du rail. Elles ont 5 m de longueur, une largeur un peu supérieure à celle du gabarit et $1^m,90$ de hauteur. L'avant affecte naturellement la forme d'un coin, mais moins aigu qu'autrefois ; et les deux côtés présentent des faces planes et verticales assez étendues Cette disposition évite complétement, paraît-il, la tendance au déraillement qui se manifestait autrefois dès que la neige était plus haute d'un côté que de l'autre, défaut qui a fait renoncer aux chasse-neige sur un grand nombre de lignes. Ce qui prouve du reste que l'appareil perfectionné du Karst remplit bien son but, c'est l'usage étendu et général qu'on en fait. A la seule station d'Adelsberg il y en avait cinq sur une voie de garage, et j'en ai remarqué jusqu'à la station de Prosecco, située à la cote 258 mètres au milieu des jardins et maisons de campagne des Triestins

On devine que l'emploi du chasse-neige entraîne le sacrifice de l'une des deux voies. Car non-seulement la neige de l'entre-voie serait alternativement rejetée sur l'une et sur l'autre voie, mais il est arrivé des accidents aux trains qui rencontraient des chasse-neige en fonction sur l'autre voie Aussi sur le Karst en a-t-on pris son parti : dès que la Bora commence à balayer la neige, la circulation est réglementairement interceptée sur l'une des deux voies. On ne débarrasse la seconde voie qu'en chargeant la neige sur des trains de

travaux ou plus communément encore sur des wagonnets poussés à bras

Topographie du Karst. — L'exemple du Karst paraîtra sans doute au lecteur rien moins que rassurant; mais pour quiconque a vu le pays, l'impression sera inverse. C'est, en effet, un pays tellement à part, d'une physionomie tellement extraordinaire, qu'on emporte la conviction que ce qui se passe

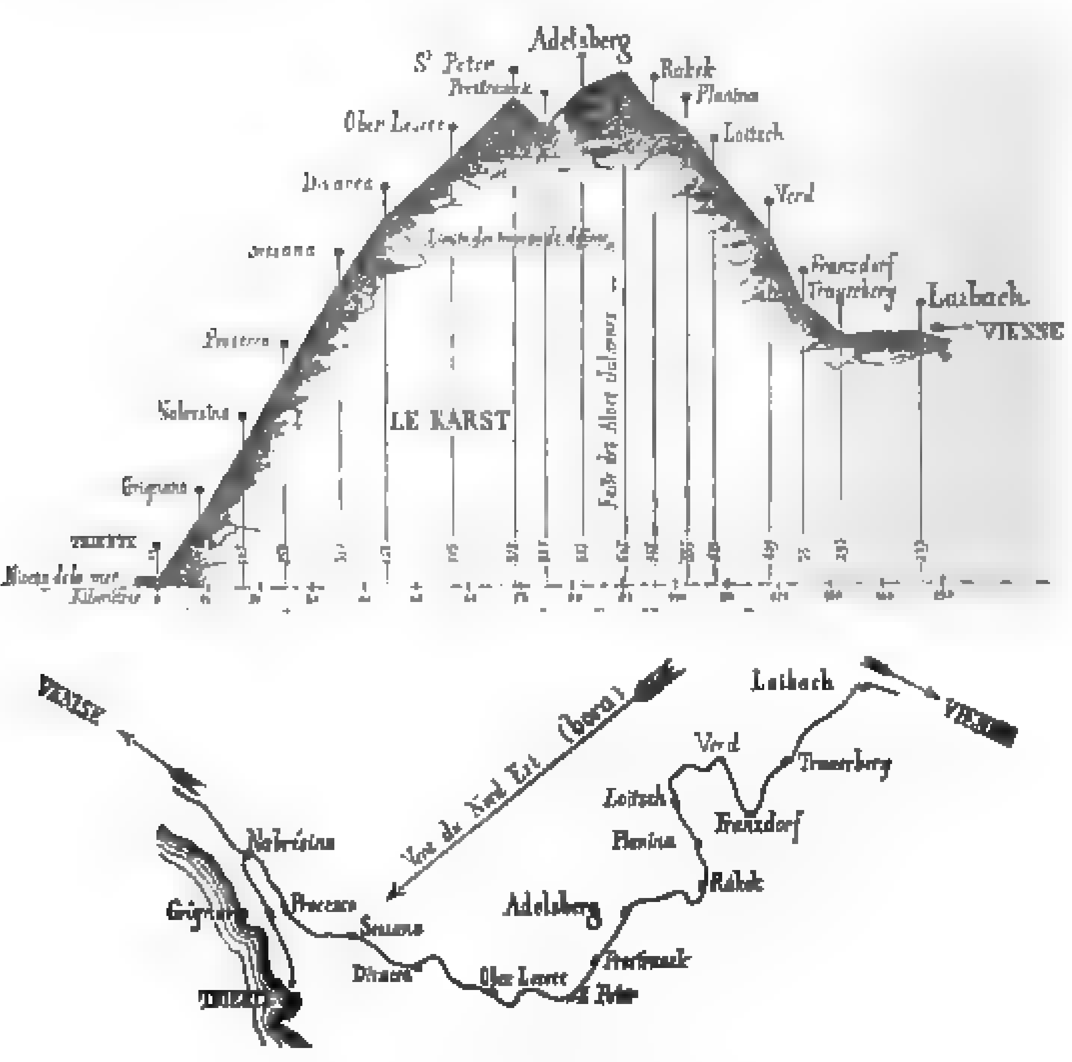


Fig. 90. — Topographie du Karst.

là ne saurait se passer ailleurs. La montagne du Karst est un promontoire des Alpes Juliennes que le chemin de fer arrivant de Vienne traverse à 8 kilomètres avant Adelsberg, à l'altitude de 603 mètres. A peine a-t-on passé le faîte que la végétation disparaît successivement et qu'on arrive sur un plateau nu, formé d'un calcaire fendillé, à peine recouvert d'une herbe maigre, et çà et là de quelques buissons chétifs. Ce calcaire est tellement perméable que les règles topographiques ordinaires sont en défaut. Les cours d'eau sont habituellement à sec, et certaines vallées n'ont pas d'issue, témoin celle de la rivière

de Poik qui s'engouffre dans les célèbres grottes d'Adelsberg. La culture s'est réfugiée au fond de vastes entonnoirs naturels (*dollines*) également sans issue.

Sauf ces accidents locaux, la surface du sol n'est pas abrupte, mais doucement inclinée, et la neige s'y dépose avec facilité. Sa chute est favorisée par le voisinage des Alpes et l'altitude des lieux, qui de 585 mètres à la gare d'Adelsberg descend à 556 mètres à la station de Prestranek, remonte à 578 mètres à celle de Saint-Peter, pour s'abaisser enfin à 453 mètres à Divacca point extrême des travaux de défense. Sur ce plateau chargé de neige souffle un vent dont la violence ne semble avoir été égalée encore que dans la plaine de Narbonne, puisque ce sont les deux seuls points connus où des wagons ont été renversés, et pour combler la mesure, ce vent souffle généralement dans le sens de la pente du plateau et perpendiculairement au tracé du chemin de fer qui, pour gagner son développement, court de Saint-Peter à Nabresina dans la direction du sud-est au nord-ouest. A coup sûr, un tel concours de circonstances ne se retrouvera pas facilement.

L'impossibilité d'élever des plantations et l'abondance de la pierre expliquent le système des défenses adoptées.

Écrans en planches. — Les écrans en planches ont uniformément une

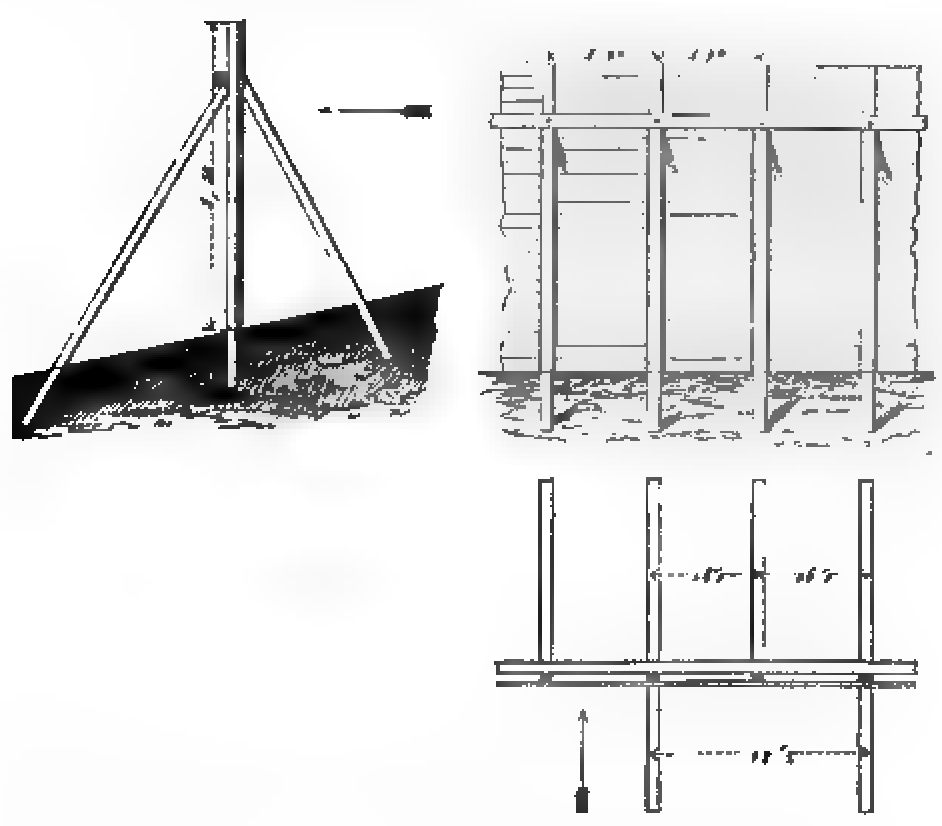


Fig. 91.

hauteur de 5 à 6 mètres et sont placés de 12 à 20 mètres du bord des tranchées à protéger. Les plus anciens (fig. 91), faits en planches neuves, revê-

naient de 20 à 24 francs le mètre courant. On en construit aujourd'hui en utilisant de vieilles traverses (fig. 92). Toutes ces parois en planches, dont on

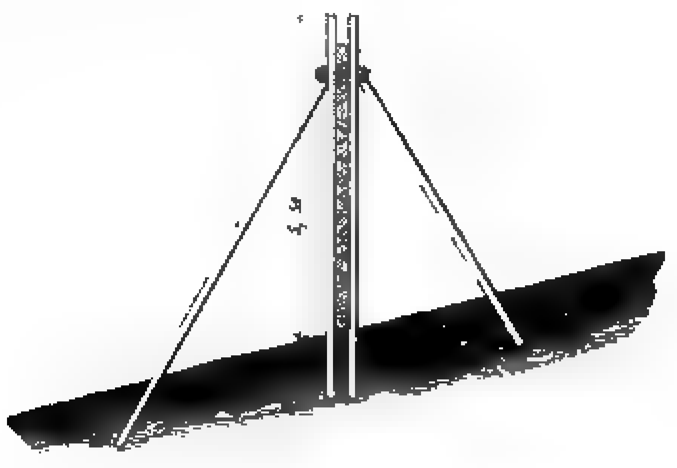


Fig. 92.

aperçoit d'immenses files depuis Adelsberg jusqu'à Divacca (sur 42 kilomètres), sont destinées à être successivement remplacées par des écrans définitifs en maçonnerie.

Écrans en maçonnerie. — Ceux-ci ont également 5 mètres et demi de hauteur avec une épaisseur de 1m,90 à la base et de 0m,85 au sommet (fig. 93). Leur calotte supérieure seule est hourdée ; le reste est à pierre sèche. Eu égard aux ressources de la localité, ils ne reviennent que de 30 à 40 francs par mètre courant. Il y aurait donc avantage économique à les exécuter de suite au lieu des parois en planches ; mais comme leur exhaussement n'est guère praticable, et que leur déplacement est coûteux, on aime mieux ajourner la maçonnerie jusqu'à ce que la disposition de chaque défense ait reçu la sanction de l'expérience et du temps et on ne commence plus aucun mur sans un essai préalable avec les écrans en bois qui deviennent successivement disponibles. Sur quelques points où le mur exécuté ne suffit pas complètement, on se propose de le doubler par une seconde ligne élevée à une certaine distance et parallèlement à la première.

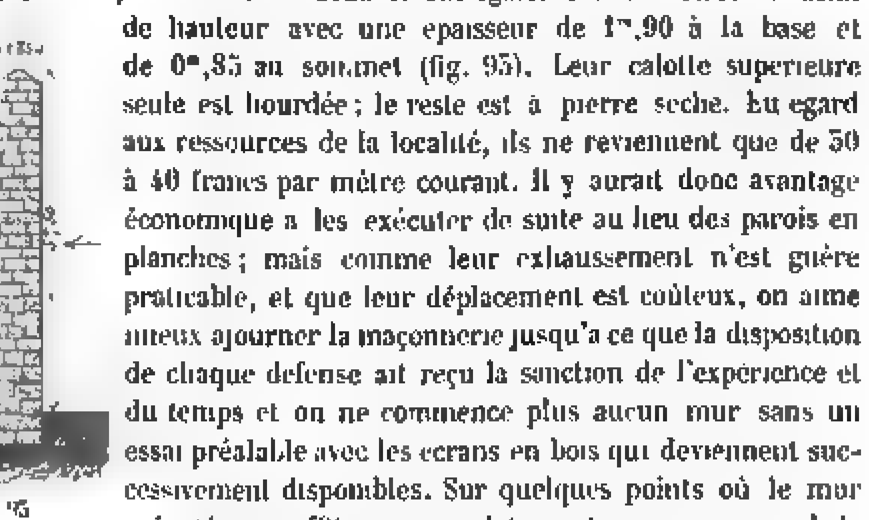


Fig. 93.

La dépense totale effectuée jusqu'à ce jour par l'établissement d'écrans tant provisoires que définitifs s'élèverait à environ 300 000 francs.

On estime que pour la transformation du provisoire en définitif et pour l'exécution des travaux complémentaires il y aura encore à dépenser pareille somme. Un crédit de 100,000 francs est ouvert sur l'exercice courant.

II. — PRINCIPES GÉNÉRAUX.

Après avoir énuméré les travaux exécutés en Allemagne, je vais tâcher de résumer les observations empiriques qui y ont été faites sur le régime des neiges et d'en déduire quelques règles propres à guider dans la disposition rationnelle des ouvrages de défense.

La neige agit sur les voies de fer sous trois formes différentes : la chute naturelle, les amoncellements dus au vent, les avalanches. Nous allons les considérer successivement.

CHUTE NATURELLE DE LA NEIGE.

Nulle part encore la circulation n'a été sérieusement menacée par la couche uniforme qui se dépose quand la neige tombe par un temps calme, quelle que soit d'ailleurs son abondance. Dans la plupart des cas et tant que l'épaisseur de la neige ne dépasse pas $0^m,25$ par exemple, les trains se feraient eux-mêmes leur passage. Il importe toutefois de ne pas tarder de débarrasser la plate-forme, soit à bras, soit à l'aide des chasse-neige, sans quoi, si la chute se prolonge ou recommence, les ornières formées par le passage des roues deviennent un réceptacle favori pour la neige subséquente et finissent par attirer sur la plate-forme plus de neige que partout ailleurs.

AMONCELLEMENTS DUS AU VENT.

Le vent agit de deux façons également redoutables, soit pendant la chute de neige, en saisissant les flocons au moment où ils semblent toucher terre et en leur faisant raser le sol, soit en soulevant de nouveau, à la manière de la poussière des routes, la couche de neige déjà déposée. Ce dernier phénomène ne se produit toutefois que pour une neige encore fraîche, car avec le temps elle durcit ou se recouvre d'une croûte capable de résister à l'action du vent. On sait d'ailleurs que quand la température est douce la neige descend en gros flocons, tandis que par un froid vif elle tombe à l'état de farine, qui, sous l'action d'un vent violent se dépose parfois en amas tellement compacts qu'elle reçoit à peine l'empreinte du pied.

Tranchées. — Quand un courant d'air entraînant la neige rencontre une cavité telle qu'une tranchée et que la vitesse du courant est faible, la neige se dépose sur le talus le plus voisin (fig. 94). Si la vitesse est très-forte, le dépôt se forme sur le talus opposé (fig. 95).

Si la tourmente se prolonge, la tranchée finit par se combler (fig. 96). Naturellement, les tranchées les moins profondes, celles de 1 à 2 mètres, sont celles qui souffrent le plus, non-seulement en raison de leur faible section qui se comble naturellement plus tôt, mais surtout parce que les réceptacles for-

més par les talus sont insignifiants et que la presque totalité de la neige vient ainsi directement encombrer la voie. Les plaintes à cet égard sont unanimes



Fig. 94. Fig. 95.

et partout les points de passage du déblai au remblai sont signalés comme particulièrement menacés.

Il faut un aplatissement notable des talus (4 à 5 de base au moins pour 1 de hauteur), pour éviter les dépôts en question.

Au Karst, des conditions diamétralement opposées ont amené le même résultat ; certaines tranchées à parois verticales mais de hauteur inégale sont restées intactes, grâce à l'extrême violence du courant qui passa par-dessus (fig. 97).

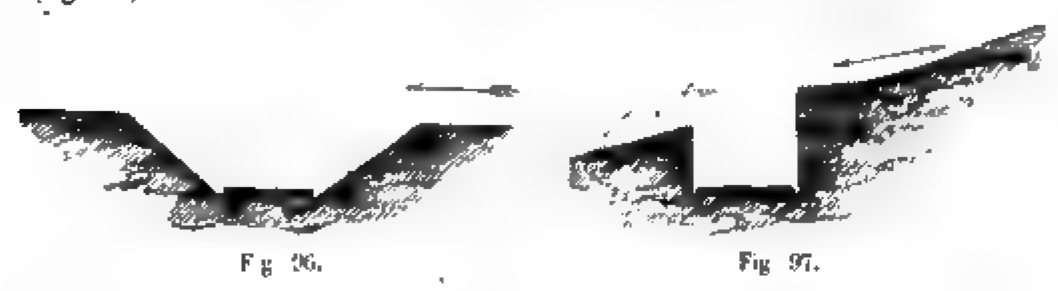


Fig. 96. Fig. 97.

Levées. — En Bavière, on a constaté que la couronne de certains remblais très-élevés avait été encombrée par les neiges. J'ignore si ce résultat doit être attribué à l'effet des ornières dont il a été précédemment question ou à une direction parallèle au talus prise par le vent. Il est certain que le vent prend souvent des directions ascendantes ou plongeantes. Mais, en général, et sauf des cas particuliers et rares, les remblais sont considérés comme étant à l'abri des amoncellements.

Parois verticales. — Quand le courant chargé de neige rencontre un paroi verticale, voici ce qui se passe.



Fig. 98. Fig. 99.

Si le vent est faible et la neige humide, il se forme en avant et au pied du mur un petit triangle (fig. 99).

Si le vent persiste, le triangle finit par atteindre la crête, la neige passe de l'autre côté et il s'y forme un second triangle (fig. 100).

Si au contraire le vent commence avec violence par une neige pulvérulente, il ne se forme en avant qu'un petit triangle, tandis que le tourbillon emporte et dépose la neige du côté postérieur (fig. 101).



Fig. 100. Fig. 101.

Si le vent faiblit avant de cesser, ou s'il y a des alternances dans l'intensité, le triangle d'avant se forme à son tour et on revient à la fig. 100, l'inclinaison respective des talus de neige variant avec l'intensité des courants.

Si, au lieu d'être perpendiculaire à la direction de la paroi (comme nous l'avons sous-entendu dans les cas qui précèdent), le vent frappe obliquement, une partie du courant file le long de la paroi et la neige affecte la forme fig. 102.

Plus l'obliquité augmente, moins la neige se dépose en avant, mais plus aussi se réduit le pied du triangle postérieur. Car le vent devenant parallèle à l'écran, il est clair que tout dépot cesse de part et d'autre.

Ceci nous ramène au cas des tranchées enfilées par le vent. Ces tranchées se comportent d'une manière satisfaisante, à moins d'offrir des sinuosités dans lesquelles la neige se dépose alors du côté convexe, comme le sable charrié par les cours d'eau.



Fig 102. Fig 103.

D'après ce qui précède, il est clair que si les écrans sont placés trop près du bord des tranchées, celles-ci sont exposées à être coupées par le talus du triangle intérieur; c'est le cas qui s'est présenté au Karst (fig 103), où l'on compte aujourd'hui que le talus de neige atteint 3 à 4 de base pour 1 de hauteur. Il est clair que ce rapport peut varier avec la violence du vent et la nature (température) de la neige, de même que la hauteur des écrans paraît devoir dépendre de son abondance, variable d'un pays à l'autre.

La disposition la plus simple consiste à placer l'écran parallèlement à la crête de la tranchée. Elle est excellente quand le vent de neige ne coupe pas la voie de fer trop obliquement.

Dans ce dernier cas on a essayé de réduire la longueur des écrans en les disposant comme des coulisses de théâtre (fig. 104).

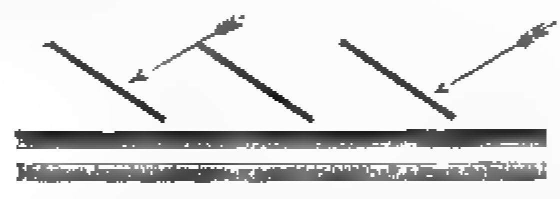


Fig. 104.

Ce système qui n'a d'autre mérite que celui d'une petite économie, a réussi pour certaines directions de vent bien fixes, mais il est facilement en défaut quand le vent tourne. Les ingénieurs du Karst semblent portés à y renoncer et à s'en tenir aux écrans longitudinaux terminés par des retours obliques (fig. 105). Pour un vent très-oblique, le retour d'amont a l'avantage de mieux

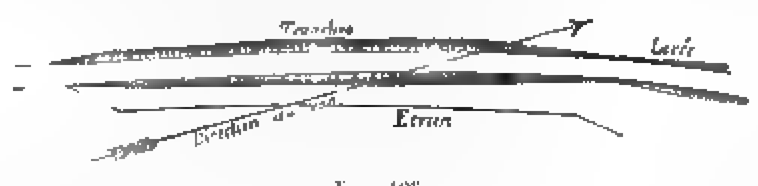


Fig. 105.

couvrir la tranchée, et le retour d'aval renvoie le courant de neige longitudinal (fig. 102) et le détourne de la voie.

Les écrans ne sont applicables qu'aux tranchées enfilées longitudinalement. On a déjà vu que, droites, celles-ci n'ont pas besoin de protection ; quand elles se terminent en courbe, il faut tâcher de livrer une issue au courant de neige en pratiquant une brèche dans le talus concave à l'origine de la courbe.

Plantations. — Les observateurs ne sont pas complétement d'accord sur quelques-uns des effets de neige qui viennent d'être exposés, mais ils sont unanimes à considérer les forêts, les forêts de sapins surtout, comme la protection la plus efficace contre les amoncellements de neige. Cela se conçoit : les amoncellements sont l'effet du vent, et les forêts de sapins l'arrêtent. La neige tombée par terre est à l'abri du courant et celle détachée des branches ne peut s'envoler qu'en passant par le crible d'autres branches.

Les bandes de quelques mètres d'épaisseur plantées sur la lisière des chemins de fer ne sont pas l'équivalent d'une forêt entière et exigent, pour être efficaces, quelques soins spéciaux. On sait que le sapin, en grandissant, perd ses branches inférieures et livre ainsi facilement passage au vent près du sol. Pour prévenir cet effet et obtenir une fermeture plus hermétique, il importe de multiplier les rangées de plants, de couper fréquemment la rangée extrême

de façon à la maintenir à l'état de haie, de laisser grandir davantage la rangée suivante et ainsi de proche en proche.

AVALANCHES.

On sait que les avalanches sont des masses de neige qui se détachent spontanément des flancs trop abruptes des hautes montagnes, entraînant parfois dans leur chute des quartiers de rocher, renversant des arbres, etc.

Il ne semble pas que contre ces événements de force majeure, qui se reproduisent d'ailleurs avec une certaine regularité sur les mêmes points, il puisse y avoir d'autres défenses que les galeries voûtées projetées au Brenner et employées depuis longtemps sur les routes du Splugen, du Saint-Gothard et d'autres passages alpestres.

Mais nulle part, à ce qu'il paraît, il n'a encore été question d'étendre l'application de ces ouvrages coûteux au cas des simples amoncellements.

III. — APPLICATION AU CANTAL.

Conditions générales. — Le Cantal ne connaît pas les avalanches Le langage local ne parle que des « combles, » c'est-à-dire des amoncellements de neige dus aux tourmentes.

On admet généralement que, dans le Cantal, la neige ne tombe avec une certaine abondance que dans les altitudes supérieures à 900 mètres, ce qui, sur le tracé du chemin de fer dont le sommet atteint 1152 mètres, correspond en dehors du tunnel culminant à un parcours de 9 kilomètres sur le versant de l'Alagnon et 7 kilomètres sur le versant de la Cère.

Mais les combles si redoutés ne se produisent sur le versant de l'Alagnon qu'entre le pont Pierre-Taillade et la Percée, c'est-à-dire sur un parcours de 3 kilomètres, et sur le versant de la Cere qu'entre la Percée et le Pas-de-Compain (plus haut que Thiézac, en face d'Antérieux), c'est-à-dire sur un parcours d'un peu plus de 7 kilomètres. Tels sont du moins les faits constatés sur la route impériale.

Bonne exposition du chemin de fer. — Le chemin de fer sera-t-il dans des conditions moins ou plus favorables que la route? Personne ne saurait l'affirmer en l'absence de toute observation précise sur la direction des vents et les causes immédiates des combles observés.

D'après les renseignements que dès l'hiver exceptionnel de 1859-60 la compagnie d'Orleans a commencé à recueillir auprès du personnel des ponts et chaussees, des postillons, des aubergistes et autres habitants de ces âpres regions, la neige tomberait surtout par « le vent du Limousin » (ouest ou ouest-nord-ouest), et les combles se formeraient par le vent du nord et quelquefois, sur le versant de l'Alagnon, par le vent du nord-est S'il en est ainsi,

comme entre Thiézac et le pont Pierre-Taillade, la route, les rivières de la Cère et d'Alagnon et le chemin de fer courent parallèlement dans la direction du sud-ouest au nord-est, les vents d'ouest et du nord les coupent donc à peu près perpendiculairement, mais avec cette différence très-importante que la neige balayée par ces vents tombe pour ainsi dire sur la route, tandis qu'elle ne peut arriver au chemin de fer qu'en remontant un coteau abrupte, après

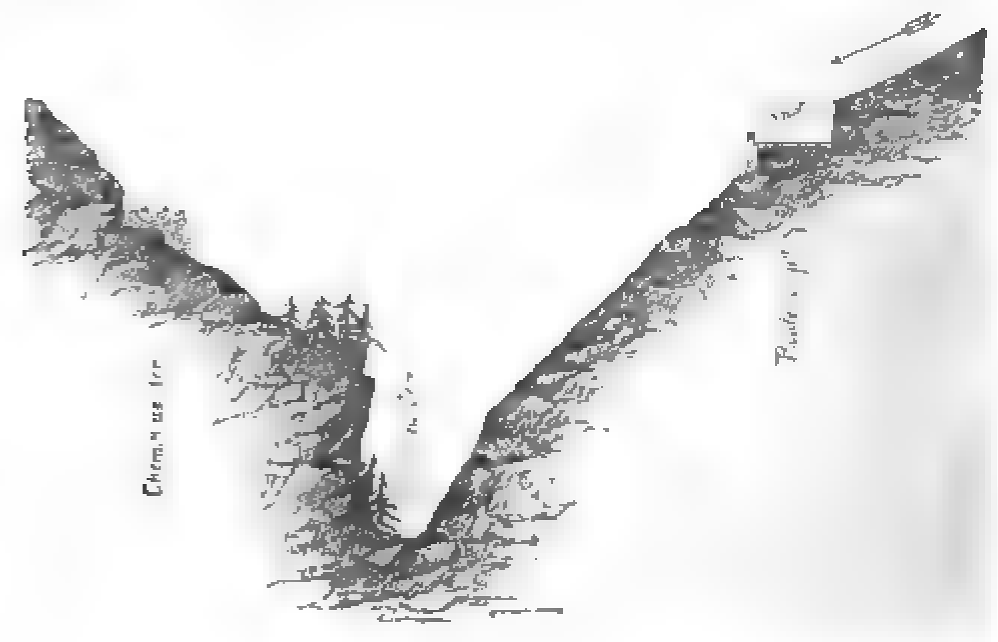


Fig. 106.

avoir franchi le gouffre creusé par la rivière. Vouloir quitter la rive droite de l'Alagnon et la rive gauche de la Cère, que la compagnie d'Orléans avait choisies tout d'abord à cause de leur relief plus favorable, pour reporter le tracé sur les versants opposés déjà occupés par la route, serait donc, au point de vue des vents régnants, une véritable faute

Facilité des plantations. — Ce qui doit surtout rassurer sur l'avenir de la ligne du Cantal, c'est la vue des superbes forêts de sapins dont les abords du Lioran sont couverts. Ces forêts abritent déjà une partie du tracé et sur le reste du parcours la réussite complète et facile de plantations défensives ne saurait faire l'ombre d'un doute.

Cette réussite sera encore facilitée par la circonstance que le tracé ne rencontre pas de groupes de maisons d'habitations, de jardins ou propriétés précieuses et peu de routes ou chemins à dévier latéralement, en un mot, aucun de ces obstacles locaux favorisant les amoncellements ou s'opposant à l'application normale du système des défenses.

Facilité du travail des chasse-neige. — Un autre élément plus précieux encore se trouve dans le profil en long, qui, à partir de la gare culminante du Lioran, descend des deux côtés avec la forte pente de 30 millimètres,

sans aucune contre-pente dans l'étendue de la région des neiges. Dans 19 cas sur 20, l'insuccès des chasse-neige tient à l'impuissance des machines chargées de leur manœuvre. En stationnant ces dernières à la gare du Lioran, elles n'auront jamais à travailler qu'en descendant, la gravité les aidera puissamment et elles se trouveront dans une condition vraiment privilégiée.

Conclusions. — La situation générale de la ligne du Cantal se présente donc sous un jour relativement favorable et tout ce qu'une sage prévoyance peut commander me paraît devoir se résumer dans les règles suivantes :

En vue de diminuer la formation des combles :

1° Tenir la plate-forme plutôt en remblai qu'en déblai et éviter autant que possible les très-faibles tranchées ;

2° Employer le personnel des travaux, pendant les trois hivers au moins qui précéderont l'ouverture de la ligne, à observer et à étudier le régime des neiges et des vents à l'emplacement de chaque tranchée, déterminer en conséquence la disposition des plantations et des écrans provisoires et procéder en temps utile à leur exécution ;

3° En vue de cette éventualité, éviter ou écarter les chemins latéraux parallèles aux tranchées, surtout du côté amont par rapport au vent régnant ;

4° Écrêter les tranchées à flanc de coteau les plus exposées (c'est-à-dire enlever leur talus du côté du thalweg), et aplatir certains talus de déblai plutôt que d'ouvrir des chambres d'emprunt spéciales.

Pour faciliter la circulation et le travail des chasse-neige :

5° Augmenter la largeur des tranchées en rocher dites rétrécies (5 mètres au fond des fossés par la voie unique) et la porter à 6 mètres au moins ;

6° Supprimer les trottoirs des stations entre Murat et Thiézac inclusivement ;

Enfin, pour faciliter le travail de la pelle :

7° Supprimer les parapets et les remplacer sur les viaducs et les murs de soutènement par de simples lisses.

PRIX

DES DIFFÉRENTS TRAVAUX D'ART EXÉCUTÉS SUR LA LIGNE DE PARIS A STRASBOURG.

Sur le chemin de Strasbourg, dans la partie comprise entre Paris et les bois de Meaux, 56 ponts et passerelles, sur ou sous routes et chemins, ont coûté 2 580 664 francs, soit par pont environ. . . . . 46 083 fr.

7 ponts de 2 arches au plus sur cours d'eau ont coûté 654 921 francs, soit par pont. 93 560

26 ponceaux ou aqueducs, de 5 mètres d'ouverture au plus, ont coûté 311 165 francs, soit par ponceau ou aqueduc. 11 960

22 passages à niveau, la dépense ne comprenant que celle du pavage et des barrières, ont coûté 37 662 francs, soit par passage à niveau 1 712

21 maisons de garde ont coûté 101 981 francs, soit par maison de garde. 4 856

3 grands ponts sur la Marne ont coûté 1 432 820 francs, soit par pont. 477 606

Sur le même chemin, entre Meaux et Château-Thierry, on a payé pour l'établissement de 72 ponts et passerelles sur ou sous routes et chemins, 1 275 167 francs, soit par unité. 17 710

10 ponts de 2 arches au plus sur cours d'eau, 309 945 francs, soit. 30 994

153 ponceaux, aqueducs, etc., de 5 mètres d'ouverture au plus, 749 083 francs, soit. 4 896

54 passages à niveau, la dépense ne comprenant que celle pour les barrières et pour le pavage, 46 039 francs, soit 889

43 maisons de garde, 205 104 francs, soit. 4 769

12 grands ponts, 1 897 760 francs, soit par unité. 158 147

Le grand pont en maçonnerie d'Armentières, de 4 arches, long de 106 mètres 50 cent., 429 655 francs, soit par mètre. . . 4 034

Celui du Saussoy, de 4 arches, long de 98 mètres 60 cent., 265 658 francs, soit par mètre. 2 694

Celui de Courcelles, 4 arches, long de 97 mètres, 280 000 fr., soit par mètre. 2 886

Celui de Nanteuil, 5 arches, long de 96 mètres 92 cent., 296 591 francs, soit par mètre. 3 060

Celui de Vitry, de 5 arches, long de 90 mètres 72 cent., 167 000 francs, soit par mètre. 1 840

Un grand pont suspendu sur la Marne et le chemin de fer à Dormans, long de 112 mètres, 105 278 francs, soit par mètre. . 935

Le prix élevé des ponts, passerelles et passages à niveau, sur la première partie du chemin de Strasbourg, comprise entre Paris et Meaux, tient à celui de la main-d'œuvre près de Paris, à l'importance de ces ouvrages, au passage des grandes routes dans le voisinage de la capitale.

Les maisons de garde sont revenues à un prix considérable, par suite de leurs dimensions.

Pour qu'on puisse se rendre un compte plus exact des dépenses faites pour les ouvrages d'art, nous donnons un extrait de la série de prix adoptés pour l'exécution de ces ouvrages dans la première division du chemin de Strasbourg, avec les rabais faits sur ces devis.

Les prix, dans la seconde division, sont d'environ un cinquième plus faibles.

EXTRAIT

DES SÉRIES DE PRIX DE LA PREMIÈRE SECTION DU CHEMIN DE FER DE PARIS À STRASBOURG.

NATURE DES MATÉRIAUX	1er LOT — entre la rue Chabrol dans Paris et les fortifications	2e LOT — entre la route impériale n° 34 à Chelles et Lagny	3e LOT — entre Lagny et la tranchée d'Isles lès Villenoy
	fr	fr.	fr
Mètre cube de béton, compris emploi	21 82	12 76	»
id. id. id. avec pouzzolane	24 18	15 57	15 56
id. de maçonnerie de silex et mortier hydraulique pour fondations	23 21	12 60	14 37
id. de maçonnerie de silex et mortier hydraulique au-dessus des fondations	23 00	13 29	15 57
id. de maçonnerie de pierre de taille	111 83	107 31	94 47
id. de perrés en silex ou meulière à joints incertains	14 45	7 18	5 41
id. de perrés en silex ou meulière par assises réglées	18 13	9 75	10 80
id. de maçonnerie de meulière, de 0^m35 de queue moyenne, tout compris	»	»	40 78
id. de maçonnerie de meulière, de 0^m50 de queue moyenne, tout compris	»	»	61 78
Mètre superficiel de parements vus de meulière smillée	2 07	1 50	1 80
id. id. id. piquée	12 90	11 25	10 59
id. id. de pierre de taille bouchardée (droite)	8 70	7 20	5 60
id. id. (courbe)	17 40	14 40	11 20
id. de chape en béton avec couche de mortier hydraulique	3 10	3 25	2 66
id. de chape en bitume de 0^m012 d'épaisseur	5 80	3 80	5 80
Mètre cube de bois de chêne neuf en grume pour pieux	98 00	80 00	100 00
id. id. équarri	140 00	104 00	118 00
id. id. sans assemblages	128 44	113 73	135 35
id. id. avec assemblages et travaillés sur les faces	163 04	148 33	157 95
id. id. loué pour cintres en premier emploi	83 47	65 14	90 31
id. id. en réemploi	14 80	13 66	14 18
Rabais des adjudications, à déduire des prix ci-dessus	7 fr. 10 p. 100	Rabais nul	5 fr. 60 p. 100

TABLEAU

DU PRIX DE REVIENT DES VIADUCS

NOMS des VIADUCS.	DÉPENSE TOTALE.	PRIX DE REVIENT par MÈT. SUPERFICIEL (surface vue, vides et pleins)		PRIX du MÈTRE CUBE (en œuvre)		NATURE DES MATÉRIAUX	RAPPORT DU CUBE (moellons, meulière ou briques) AU CUBE DE LA PIERRE DE Tᵉ	PRIX de LA JOURNÉE			
		FONDATIONS comprises.	FONDATIONS non comprises.	DE MAÇONNERIE (moellons ou briques)	DE PIERRE de taille.			MAÇON	CHARPENTIER	MANŒUVRE	CHEVAL (conducteur compris)
		fr.	fr.	fr	fr						
Nogent-s.-Marne	2,317,578 20	178 93	142 00	» » 51 60 41 60 21 35	115 20 81 75 » » »	P^res de taill d'Euville. Id. de S.-Dizier Meulière de parement Id. de remplissage. Moellon de remplissage	5 16	4 20	5 50	3 25	7 75
Pont de Nogent[1].	3,019,868 56	480 90	291 63	»	»	»	5 08	»	»	»	»
Viaducs et pont réunis[2] . . .	5,577 446 65	276 75	190 45	»	»	»	5 5.	»	»	»	»
La Voulte . .	2,396 401 00	255 95	150 60	56 16	109 90	P^res de taille Moellons.	6 68	4 20	5 50	3 25	8 »
Chaumont[3] .	5,601,587 22	259 00	256 00	76 60	187 00	Id.	17 00	8 09	10 20	6 95	15 48
Du Sialon[4] . . .	807,154 00	160 78	110 05	» 33 13 62 18 18 07	72 37 » » »	P^res de taille. Moellons. Libages. Remplissages	6 73	4 50	5 50	3 25	»
Des Joncs	365,222 00	150 67	108 40	»	»	Id.	6 82	»	»	»	»
De Horles . . .	618 285 00	115 42	78 19	»	»	Id.	7 46	»	»	»	»
De l'Amance	226 600 00	207 40	124 70	»	»	Id.	7 97	»	»	»	»
De la Largue[4] . .	1,509 000 00	177 10	150 47	32 75	76 80	P^res de taille Moellons. Briques.	12 707	5 »	5 50	2 50	8 »
Du Rossbachel[5]	1,100 000 00	152 44	148 50	37 16	78 10	Id.	12 200	5 »	5 50	2 50	8 »
De Saint Maurice (Vincennes). . . .	371,720 00	127 50	114 10	» 65 40 55 90 15 50	150 35 » » »	P^res d'Euville. Meulière piquée Moellon piqué Id. de remplissage	8 517	4 50	5 50	3 15	8 »

(a) Au-dessus de l'étiage de la Marne.

Voir, dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*, les détails de ces viaducs.

INDICATIF

CONSTRUITS SUR LES CHEMINS DE L'EST

LONGUEUR.	FORME DES ARCHES.	NOMBRE D'ARCHES.	OUVERTURE DES ARCHES	HAUTEUR MOYENNE (sur)	HAUTEUR MAXIMA (sur)	ÉPAISSEUR MOYENNE des piles	RAPPORT DU PLEIN AU VIDE au-dessus du sol.	DURÉE DE L'EXÉCUTION	NOMS DES INGÉNIEURS.	OBSERVATIONS.
587 375	Pl. cintre.	30	15 00	24 09[1]	29 00 a	3 00 b 4 00 c	0 62	mois 30	Vignes, ing. en chef pour tous les viaducs excepté celui de Chaumont	[1] Les prix des matériaux et des journées sont les mêmes qu'au viaduc. [2] Même observation.
250 50	Id.	4	50 00	29 00	29 00	6 00 b 9 25 c	0 83	30	C. Meygret, ing. principal. Pluyette, ing. ordinaire.	[3] Les prix de 76 fr. et 117 fr. comprennent la taille des parements de vue. Le prix de 76 fr. est le prix moyen de toutes les maçonneries de parements et de remplissage différents et de la maçonnerie de pierre de taille. Le prix élevé du viaduc de Chaumont tient à la grande hauteur de cet ouvrage et à l'exécution rapide de l'exécution, rapide qui a donné lieu à un accroissement considérable de la main-d'œuvre et à beaucoup de travaux de nuit. Le prix du moellon piqué, et surtout celui de la pierre de taille, sont énormes. Cela tient en même temps au prix de la main-d'œuvre et aux petites dimensions des matériaux, ce qui a nécessité des frais exceptionnels pour la taille. Ce prix élevé est jusqu'à un certain point compensé par le rapport remarquablement faible du plein au vide.
627 875	Id.	30 et 4	15 00 et 50 00	25 45	29 00	3 00 b 4 00 c 6 00 b 9 25 c	0 68	30		
487	Id.	42	9 »	19 18	20 13	1 60 b 2 00 c	0 62	20	C. Meygret, ing. principal. Sibeo, ing. ordin.	
600 00	Id.	51	10 00	37 00	50 00	2 05 b 4 05 c	0 30	15	Zeiller, ing. en ch. Decomble, ing. ordinaire.	
230 00	Pl. cintre.	15	10 00	22 81	28 45	2 20 b 3 20 c	0 65	19		
136 00	Pl. cintre.	8	11 00	17 82	21 31	2 20 b »	0 70	18	Larivière, ingén. principal. Masson, ing. ordinaire.	[4] Les prix de main-d'œuvre, de matériaux, sont les mêmes pour les quatre viaducs.
250 00	Id.	12	15 00	17 24	19 64	2 63 b 4 03 c	0 71	17		[5] L'exiguïté relative des prix moyens obtenus pour le viaduc de Hories tient particulièrement à la faible hauteur des massifs engagés dans le sol. Cette hauteur ne dépasse pas en moyenne 3m,70, quand elle est, dans les ouvrages précédents, de 5m,50 et 6m,60.
63 00	Id.	4	7 00	14 27	14 50	1 875	1 27	14		
493 33	Id.	43	42 de 8 60 1 de 25 00	17 27	25 70	1 86 b 4 50 c	1 70	24	Fleur-Saint-Denis, ing. principal.	[6] Non compris le parapet.
389 63	Id.	35	8 60	18 32	18 44	1 84 b 4 46 c	0 56	16	Daigremont, ing. ordinaire.	[7] Le garde-corps n'est pas compris dans la surface ni dans les prix moyens; il coûte environ 12,000 fr. pour le viaduc de la Largue, et 10,000 fr. pour celui de Reshache.
341 95	Id.	36	7 90	13 60	14 20	1 00	0 47	12	Bassompierre, ing. principal. Sappel, ing. ordinaire.	

(b) Piles simples. (c) Piles culées.

DÉPENSE

ET DURÉE DE LA CONSTRUCTION DE QUELQUES TUNNELS (EXTRAIT DE

NOMS DES TUNNELS.	LOCALITÉS.	DATE de l'ouverture des travaux	DURÉE de l'exécution	LONGUEUR totale.
Terre-Noire.	R. Lyon à Saint-Étienne..	1826	ans. m. 3	m. 1500
Cumptich	R. Louvain	1835	2	925
Braine-le-Comte.	R. Belge	»	»	641
Baratte.	R. Rhenan en Belgique. . .	»	»	»
Kilsby.	R. Londres à Birmingham.	1834	4	2204
Bleckingley.	R. Londres à Douvres. . . .	1840	2	1210
Saltwood.	*Id.*	1842		872
White-Hall.	R. Exeter.	»	»	»
Great-Western.	R. Great-Western	»	»	»
Batignolles.	R. Saint-Germain.	1837	1,6	333
Montretout.	R. Versailles.	1838	1,1	163
Saint-Cloud.	*Id.*	1837	1,3	504
Dix-huit-Tunnels.	R. Liége à Aix-la-Chapelle.	»	»	»
Rolleboise.	R. Rouen.	1841	2	2612
Roule.	*Id.*	1841	1,8	1720
Venables.	*Id.*	1841	1,8	205
Tourville.	*Id.*	1841	1,6	465
Sainte-Catherine.	R. de Havre.	1844	»	105
Rue Percée	*Id.*	»	»	80
Boulingrin.	*Id.*	»	»	1460
Cimetière-Saint-Maur. . .	*Id.*	»	»	1131
Mont Riboudet.	*Id.*	»	»	360
Pissy-Poville.	*Id.*	»	»	22 0
Pissy-Poville.	*Id.*	»	»	200
La Barrage	*Id.*	»	»	160

APPROXIMATIVE

(L'OUVRAGE DE M. TONY FONTENAY, — *Construction des tunnels*)

PROFONDEUR maxima des puits	DÉPENSE approximative par mètre	NATURE du TERRAIN.	OBSERVATIONS.
m. 64	fr. 799	Schistes et grès houillers.	
29	850	Sable boulant et argile, eau.	Ce tunnel s'est écroulé le 21 janvier 1845, sur 30^m de longueur, à 80^m de son origine.
»	1200	. . . .	Construit dans un sol difficile et revêtu de maçonnerie de briques, même au radier.
»	1700		
50	3410	Terre, sable, beaucoup d'eau	
28	1992	Argile bleue wealdienne, très-dure, sable avec beaucoup d'eau.	Le radier est revêtu en maçonnerie; ce tunnel a été construit à l'aide de 12 puits.
29	3664	Sable vert, beaucoup d'eau.	*Id.*
»	1451	. . . .	La largeur de chacun de ces tunnels est comprise entre 6 et 8 mètres.
»	2709	. . . .	
16	2360	Gypse, sable marne, sans eau.	
10	2071	Marne, grès, sable boulant, peu d'eau.	
»	2180	Marne verte, gypse, eau.	Revêtus de une à quatre épaisseurs de briques.
»	1250	. . . .	
67	1105	Craie dure et silex, peu d'eau	
65	1105	Craie dure et silex, peu d'eau	
30	1105	Peu d'eau, craie, argile et silex	
32	1105	*Id.*	
131	1000 à 1200	Craie glauconnieuse mélangée de bancs siliceux et de rognons de silex, beaucoup d'eau.	En courbe de 750^m de rayon sur la moitié de la longueur.
16	*Id.*	Même terrain, peu d'eau.	En courbe de 950^m de rayon.
21	*Id*	*Id.*	En courbe de 1600^m de rayon sur 500^m de long en rampe de $0^m,00535$
27	*Id.*	*Id.*	En rampe de $0^m,00535$.
26	*Id.*	*Id.*	En courbe de 800^m de rayon et en rampe de $0^m,0053$.
66	*Id.*	*Id.*	En rampe de $0^m,005$.
28	*Id*	*Id.*	En courbe de 1200^m de rayon et en rampe de $0^m,005$.
p. de puits.	*Id.*	*Id.*	En courbe de 1000^m de rayon et en rayon de $0^m,0055$.

TABLEAU

DES DÉPENSES FAITES POUR L'ÉTABLISSEMENT

NOMS DES TUNNELS.	LONGUEUR.	TOTAL DES DÉPENSES — pour le tunnel entier.	TOTAL DES DÉPENSES — par mètre courant.	TERRAINS — Dépense totale.	TERRAINS — Surface par mètre courant	TERRAINS — Prix par mèt. superficiel.	TERRAINS — Prix moyen par mètre courant	TERRASSE — Cube total.	TERRASSE — Dépense totale.
		fr c	fr c.	fr c.	m	fr c	fr c	m.	fr. c.
Chalifert.....	168 50	408,032 50	2,421 56	2,581 50	35	0 44	15 32	15,658 67	40,633 43
Armentières.	656 00	1,058,579 07	1,383 20	335 83	10	0 05	0 51	53,276 80	218,846 15
Nanteuil.....	944 00	1,557,534 87	1,649 93	1,382 00	11	0 13	1 46	72,551 20	274,600 00
Chezy - l'Abbaye	452 60	1,051,023 68	2,285 61	234 75	10	0 05	0 52	40,389 58	106,805 18
Pagny - sur - Meuse. . .	571 68	737,002 88	1,289 23	843 18	5	0 30	1 48	36,684 24	238,291 59
Foug	1,121 97	1,566,824 50	1,396 49	29,685 00	32	0 84	26 46	70,798 90	485,235 31
Arschwiller. .	2,678 26	2,584,742 00	965 08	»	»	»	»	153,146 00	1,095,032 00
Hoffmühl...	247 45	284,017 10	1,147 78	»	»	»	»	16,168 77	125,787 77
Lutzelbourg .	439 25	395,745 26	900 90	»	»	»	»	24,105 36	200,750 3
Bas-Rhin 1er,	399 70	282,660 12	707 18	»	»	»	»	17,924 45	140 144 68
Bas-Rhin 2e).	493 20	364,890 50	739 84	»	»	»	»	19,554 60	179,546 21
Haut Barr ..	303 70	252,454 30	831 20	573 08	9	0 20	1 89	14,086 62	121 51 6 9
Billy.... ...	3,450 00	2,493,701 54	722 83	5,885 75	....	.....	1 70	. .... .	305,092 34
Place de l'Europe (2e)....	160 23	239,851 14	1,496 73	»	»	»	»	23,000 00	50,231 36
Montretout ..	168 00	347,913 00	2,070 91	»	»	»	»	environ 13,813 86	78,739 00
St-Cloud... .	504 00	1,098,720 00	2,180 00	»	»	»	»	environ 33,862 80	208,004 25
Belleville....	1,125 00	1,196,388 85	1,063 46	11,250 00	.. ..	. . .	10 00	70,890 98	330,120 00
Charonne....	1,020 00	1 131,976 76	1,109 78	10,200 00	. ..	....	10 00	88,606 02	316,548 45

Voir un second tableau indiquant la nature des terrains, les conditions princi

INDICATIF

DE DIVERS SOUTERRAINS DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

MENTS.			MAÇONNERIE.					BOISAGE (Étaiements, blindages, cintres.)		DÉPENSES DIVERSES. Puits, égouts, épuisements, malér., éclairage, secours, trav. à la journée, indemn., chem. de service, etc.	
CUBE par mètre courant.	PRIX par mètre cube.	PRIX MOYEN par mètre courant	CUBE total	DÉPENSE totale.	CUBE par mètre courant.	PRIX par mètre cube.	PRIX MOYEN par mètre courant.	DÉPENSE totale.	PRIX MOYEN par mètre courant.	DÉPENSE totale.	PRIX MOYEN p. mèt. cour.
m.	fr. c.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
92 81	2 60	241 15	7,201 43	105,212 27	43 09	22 48	968 62	161,535 99	938 67	40,060 18	237 80
81 21	4 05	329 06	18,050 40	490,626 62	27 52	27 18	747 90	222,134 50	338 61	109,633 75	167 12
76 86	3 78	290 89	25,764 00	677,800 00	27 29	26 31	718 01	298.700 00	316 42	306,052 87	325 15
89 20	2 64	235 89	18,248 61	497,278 59	40 30	27 25	109825	335,008 63	739 80	95,596 80	211 12
64 15	7 86	504 29	14,946 27	379,755 90	20 15	25 40	664 30	00,632 18	106 00	7,489 99	13 10
65 10	6 85	432 48	26,494 21	597,098 92	25 65	22 60	532 19	124,026 31	110 54	330,780 96	294 82
57 17	7 14	408 12	38,603 00	589,700 00	14 41	15 28	220 18	100,577 00	37 85	801,407 00	290 23
65 34	7 78	508 34	5,545 48	96,573 44	22 41	17 41	390 27	14,750 35	59 61	46,906 54	189 50
54 88	8 33	457·03	7,749 85	135,698 32	17 64	17 51	308 65	15,662 30	35 66	43,634 32	99 34
44 79	7 85	350 62	5,660 55	114,399 95	14 16	20 21	286 21	21,366 29	53 46	6,749 20	16 89
39 65	9 69	384 04	7,173 43	144,246 87	14 54	20 11	292 47	30,807 59	62 46	10,289 85	20 87
46 39	8 63	400 15	5,408 32	9661 3 57	17 84	17 66	318 12	17,900 03	58 94	15,828 93	52 12
......	....	146 56	58,001 78	870,454 60	11 02	25 13	254 91	220,781 65	64 00	882,014 20	255 66
145 53	2 18	313 58	5,066 02	127,169 90	31 64	25 11	793 87	35,150 00	219 35	27,279 88	170 23
environ 82 25	5 70	468 68	5,713 80	145,298 75	34 04	25 08	852 90	64,424 41	385 48	61,462 84	365 85
environ 71 16	5 80	412 70	13,357 00	397,100 44	26 50	29 74	788 06	189,676 44	376 34	303,840 87	602 89
63 01	4 66	293 44	21,515 25	449,184 53	19 12	20 88	399 28	303,455 34	260 72	102,400 96	91 02
87 06	3 57	310 34	20,637 42	425,093 31	20 23	20 50	414 80	294,000 75	288 82	87,536 25	85 82

pales d'exécution, et les observations, à la suite, sur l'exécution du travail.

TABLEAU

DES PRINCIPALES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE DIVERS SOUTERRAINS

NOMS DES TUNNELS.	TERRAINS TRAVERSÉS	LONGUEUR entre LES TÊTES
		m
Chalifert.	Marnes verdâtres légèrement aquifères s'éventant facilement et tombant par masses, reposant, vers la hauteur des naissances de la voûte, sur un banc de grès de 0m50 d'épaisseur, sable à la partie inférieure.	108 50
Armentières	Calcaire compacte, mélangé de marne et de sable, recouvert par une marne mêlée de couches de calcaire, de silex, de grès, glaise dans la voûte vers la tête Strasbourg.	656 00
Nanteuil	Marne compacte, exploitable à la poudre, mais augmentant facilement de volume au contact de l'air; couches de grès et de calcaire.	944 00
Chézy-l'Abbaye......	Un quart de la longueur du tunnel est entièrement dans l'argile plastique, et le reste presque complètement dans le sable fin, le sommet de la voûte est partout dans l'argile et un peu au-dessous d'une masse de sable.	452 80
Pagny-sur-Meuse....	Calcaire marneux.	571 66
Foug.	Marne oxfordienne homogène et compacte, pouvant s'exploiter à la poudre, et s'exfoliant à l'air.	1,121 07
Arschwiller..	Roc vif de grès bigarré, minime quantité de terre sablonneuse.	2,678 96
Hoffmühl.	Grès vosgien divisé en gros blocs par de nombreuses fentes.	247 46
Lutzelbourg...	Grès vosgien assez compacte.	439 25
Bas-Rhin (1er).......	Grès vosgien désagrégé à la surface d'affleurement.	599 70
Bas-Rhin (2e).	*Idem.*	485 20
Haut-Barr	Grès bigarré à gros bancs.	305 70
Rilly	Craie compacte et craie fendillée, se taillant facilement, sables aquifères à quelques mètres au-dessus de l'extrados, près la tête Reims.	3,4[illegible]0 40
Place de l'Europe (2e).	Gypse, sable et marne.	160 25
Montretout.........	Marne et sable, carrières abandonnées sous le tunnel.	168 00
St-Cloud.	Marne et gypse.	504 00
Belleville.	Glaises et marnes mélangées, masses de gypse.	1,125 00
Charonne...........	Carrières éboulées, glaises, marnes, gypse; glaises mouillées, à la tête d'amont.	1,020 00

SYNOPTIQUE

DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS (ANNÉES 1857 À 1853)

LARGEUR entre LES PIÉDROITS (au niv. des rails)	HAUTEUR maxima DE L'INTRADOS (au-dessus des rails)	SECTION du VIDE DU TUNNEL (au-dessus des rails)	PUITS. NOMBRE.	PUITS. PROFONDEUR ensemble.	PARTIES revêtues EN MAÇONNERIE.	RADIER.	DURÉE de L'EXÉCUTION.
m.	m.	m. sup.		m.	m linéaires.		
7 40	5 50	34 82	»	»	168 50 voûte et piédroits.	Néant.	18 mois.
7 40	5 50	34 82	1	?	656 00 id.	Id.	35 —
7 40	5 50	34 82	»	»	944 00 id.	Id.	41 —
7 40	5 30	34 82	»	»	482 60 id.	Id.	39 —
7 40	5 50	34 82	?	?	371 66 id.	Id.	33 —
7 40	5 50	34 82	2	66 17	1,121 97 id.	Id.	37 —
7 40	5 50	34 82 36 67 suivant les rayons de la voûte.	6 (85m,40 de souterrains faits à ciel ouvert.)	271 34	la voûte entière, et 5,678m.c 00 de piédr.	Id.	93 —
7 40	6 50	34 82	»	»	la voûte entière, et 875m.c 00 de piédr.	Id.	48 —
7 40	5 50	34 82	»	»	459 25 voûte et piédroits.	Id.	52 —
7 40	5 50	34 82	»	»	87 00 de voûte, et 16 00 de piédr. ensemble.	Id.	2 1/3 ans
7 40	5 50	35 82	»	»	98 00 de voûte, et 406 00 de piédr. ensemble.	Id.	1 1/3 —
7 40	5 50	34 82	»	»	109 00 de voûte, et 41 00 de piédr. ensemble.	Id.	4 1/5 —
7 40	5 85	37 56	11 dont 2 abandonn. avant d'être achevés.	697 85	3,450 00 voûte et piédroits.	Id.	40 mois.
7 00 à 13 26	5 40 à 7 54	33 84 pour la plus pet. sect.	exécuté à ciel ouvert		100 25 id.	Id.	9 —
7 00	6 00	38 21	3	27 00	108 00 id.	Id.	13 —
7 00	6 00	38 21	10	272 44	la voûte et les piédr. moins une surface de 150 mètres.	Id.	15 —
7 60	6 00	39 40	7	221 50	1,125 00 voûte et piédroits.	Id.	22 —
7 60	6 00	39 40 part. en souter.	7 (70 mèt. courants de tunnel exécutés à ciel ouv.)	environ. 170 00	1,020 00 id.	Dans la partie de 70m de long. la longueur en mètres, la forme intér. du souterr. est un ovoïde entièrement revêtu de maçonnerie.	22 —
7 00	6 03	40 94 à ciel ouvert.					

SOUTERRAINS

PARTICULARITÉS D'EXÉCUTION.

CHALIFERT. — On a commencé par les piédroits ; le déblai de l'emplacement de la voûte a été entrepris à la fois par le milieu et par les extrémités du tunnel, en sorte que l'on a toujours eu quatre points d'attaque sans puits.

Un éboulement est survenu dans la partie centrale par suite d'une interruption subite des travaux.

Les piédroits et la voûte sont enveloppés par un blocage en pierres sèches de 0m80 d'épaisseur uniforme.

Aucun ouvrage d'assainissement contre les infiltrations n'a été nécessaire.

ARMENTIÈRES. — On a commencé par établir la voûte et terminé par les piédroits.

Un seul puits a été creusé pour activer le déblai.

Exécution en régie.

NANTEUIL. — Voûte construite avant les piédroits.

Un très-grand éboulement, occasionné par la présence d'une source, a tenu dix-neuf hommes enfermés pendant dix jours ; trois mineurs ont été surpris par un autre éboulement moins important.

Exécution en régie.

CHÉZY. — On fait les piédroits, puis la voûte.

Fouille difficile ; blindage exigeant de grandes précautions.

Plusieurs fois la couche d'argile formant ciel a été rompue, et les chantiers se sont trouvés envahis par des avalanches de boue liquide.

Les fondations, descendues sous l'argile, ont, en certains points, 4m,25 de profondeur.

PAGNY. — Les puits faits provisoirement et seulement pour des travaux d'essai n'ont pas servi pour l'exécution définitive : tous les déblais sont sortis par les deux têtes.

Les suintements n'ont pas été considérables pendant l'exécution de la voûte, et c'est seulement lors de la fondation des piédroits que les eaux sont arrivées avec abondance.

FOUG. — La voûte a été faite d'abord, les piédroits ensuite.

La veine d'eau a été faible dans les puits, et n'a exigé qu'une dépense peu considérable ; mais on a rencontré dans la galerie d'entrée les sources qui faisaient tourner un moulin du voisinage.

Les travaux ont été exécutés à l'entreprise moyennant un forfait par mètre courant de tunnel, avec augmentation et diminution de prix déterminées à l'avance pour les augmentations ou réductions d'épaisseur qui pourraient être apportées aux maçonneries, pour construction de chape, etc. Ce marché s'est trouvé généralement favorable à l'entrepreneur.

ARSCHWILLER. — Le tunnel du chemin de fer est contigu au tunnel du canal de la Marne et du Rhin, il passe sous ce canal, après s'en être tenu à une distance de 14 à 15 mètres, mesurée d'axe en axe, dans la partie souterraine.

Les puits et la galerie centrale du tunnel du canal ont été utilisés pour les travaux du tunnel du chemin de fer, dont on a atteint l'emplacement par quatorze galeries transversales.

Ventilation par des appareils à force centrifuge.

La voûte a été construite d'abord, l'intrados est en portions d'arc de cercles, combinées de manière à laisser la plus grande hauteur possible aux piédroits dans le roc naturel.

Les travaux ont été exécutés entièrement en régie.

HOFFMUHL. — Axe en courbe de 800 mètres de rayon.

Ouvert dans un promontoire de grès disloqué par une foule de ruptures, ce tunnel a exigé de grandes précautions pour prévenir les éboulements.

LUTZELBOURG. - Moitié de la longueur de ce tunnel est en courbe de 800 mètres de rayon.

Terrain moins disloqué que dans le tunnel précédent.

1er DU BAS-RHIN. — Partie de l'axe est en courbe de 800 mètres de rayon.

Voûte faite avant les piédroits.

2e DU BAS-RHIN. — On a commencé par la voûte.

HAUT-BARR. — On a commencé par la voûte.

RILLY. — Travaux préparatoires faits en régie : chemins de service sur plus de 7 kilomètres de développement ; puits ; galerie d'écoulement et d'alignement sur toute la longueur du tunnel.

A la suite, adjudication des travaux en deux lots.

Les boisages et les maçonneries ont dû être plus considérables dans la craie fendillée que dans la craie compacte.

Chaque puits se composait de deux compartiments ayant 2m × 2m l'un ; dans les sables aquifères, cuvelage en fonte.

Les eaux du tunnel et des puits ont été évacuées par la galerie d'écoulement sans épuisements.

Les piédroits ont été faits après la voûte.

2e DE LA PLACE DE L'EUROPE. — Les moindres dimensions de largeur, de hauteur, et par conséquent de vide, s'appliquent à une longueur de 113m,91 ; le surplus est composé de trois voûtes de dimensions croissantes, placées bout à bout. — Exécution à ciel ouvert.

MONTRETOUT. — Axe en courbe de 800 mètres de distance.

Consolidation de galeries d'anciennes carrières affaissées sous les piédroits.

Mauvaise disposition des puits placés sur l'axe même du tunnel.

Maçonnerie maigre de moellons pour le remplissage des vides causés par des éboulements de sable vers les reins de la voûte.

Voûte exécutée avant les piédroits

Saint-Cloud. — Sources considérables dans un puits seulement.

Piédroits construits après la voûte.

Belleville. — Les puits ont été abandonnés aussitôt après le percement de la petite galerie sur toute sa longueur.

On a pu faire écouler sans épuisements les eaux de sources, en les dirigeant vers des cavités ou des fentes de la masse gypseuse.

Charonne. — Traversée difficile d'anciens cavages de carrières abandonnées (plus ou moins complétement remblayées) sur 100 mètres de longueur; nombreux éboulements, entonnoirs à la surface du sol.

Les eaux données par les éboulements ont été perdues en partie dans la galerie; des épuisements ont été faits dans les cavages supérieurs pour empêcher l'afflux de l'eau.

Des éboulements très-importants étant survenus dans les glaises mouillées de la tête d'amont, six mois après la mise en exploitation du chemin de fer, le tunnel a dû être prolongé de 70 mètres à ciel ouvert, sans modifier la marche des trains de marchandises; cette seconde partie a coûté 1/3 en plus (par mètre courant) que la première partie du tunnel

PRIX MOYENS APPROXIMATIFS

DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ET MAINS-D'ŒUVRE APPLICABLES AUX TRAVAUX D'ART DES CHEMINS SUISSES [1].

NATURE D'UNITÉS.	PRIX.
	fr. cent.
Maçonnerie de pierre de taille pour couronnement et parapets, etc.	60 » à 75 »
Maçonnerie de fondations.	15 »
— de moellons à 1 parement.	17 »
— — à 2 parements.	31 »
— — pour voûte de 0m,60 de queue.	35 »
— de béton.	18 50
— de libage.	45 »
Mètre sup. de taille de parements vus.	2 » à 3 »
Mètre cube de bois de chêne équarri, en place.	74 »
— — — pour madriers.	67 »
— — de sapin équarri	45 »
— — — pour madriers.	37 »
Fonte, pour poutres, plaques, tuyaux, les 100 kil	40 »
Fer forgé et laminé.	70 » à 88 »
Journée de terrassier.	1 60 à 2 »
— maçon.	2 » à 3 »
— charpentier.	2 » à 3 50
— mineur.	2 50 à 4 »

Le prix du levage et des échafaudages pour les travaux a été de 7,000 fr pour les ponts nos 1 et 2 du tableau; de 3,500 fr. pour le no 8, 9,000 fr. pour le no 9; 3,500 fr. pour le no 10; 80,000 fr pour le no 11; 9,000 fr. pour le no 12. — Le no 13 a été exécuté en régie; le prix du fer a été de 73 fr. 50 c. les 100 kil. — Les nos 4, 5, 6 et 7 ont coûté 68 fr. 50 c., 73 fr., 79 fr. 50 c. et 79 fr. 50 c. pour prix moyen d'exécution du tablier.

Le posage des plaques de support sur la pile a été fait aux frais de l'administration

La fourniture et la pose du platelage et des traverses et longuerines (bois aussi en général) également aux frais de l'administration.

La fourniture de gros fer pour chaînes, tirants, etc., a été faite par l'entrepreneur; celle des rails pour voies provisoires par l'administration.

[1] Voir, derrière, le tableau.

TABLEAU DES DIMENSIONS

POUR LA CONSTRUCTION DES PONTS ET PASSAGES (1)

LOCALITÉS	SYSTÈME des PONTS	INGÉNIEURS	OUVERTURES.	TRAVÉES.	HAUTEUR DES RAILS au-dessus des eaux moyennes.	POIDS DU TABLIER EN		
						Fonte.	Fer.	Ensemble
						kil.	kil	
Chemin central, ligne de Bâle à Olten, pont sur la Birs, près Bâle	Pont en treillage, voie au milieu des poutres.	J. Merian.	76.80	24,00	10 80	26,100	98,500	124.000
Sur la Frencke, à Liestal	Idem.	Le même.	54,24	16,80	15,00	14,300	61 500	75,850
Viaduc de la vallée de Dümlingen	Pont en pierre, arc plein cintre, rampe de 1m,48, et courbe de 780m de rayon.	W. Pressel.	127,15	13,50	24 60	»	»	»
Sur l'Aare, à Olten	Pont en tôle, en pente de 1m,56.	Le même.	103 50	31,50	»	25,000	380 000	2 voies. 412,00
Chemin d'Olten-Berne, sur la Wigger, à Aarbourg.	Treillage, voie entre deux poutres avec deux ouvertures.	Le même.	50,40	»	7,20	13,750	74 800	1 voie. 88,55
Sur la Pfaffnean, à Niederwyl.	Idem, avec une ouverture	Le même.	24,00	»	9,00	7,350	388,000	46,15
Sur la Murg, à Murgthal.	Idem.	A. de Morall	24,00	»	11,40	7,350	388,000	46,15
Sur la grande Emme, à Burgdorf.	Treillage, deux voies, trois ouvertures.	M. Bury.	81,60	24 00 28,80	4,80	20,900	118,000	138,90
Sur la vallée de Worblaufen, à Berne	Idem.	G. Gragnither.	81,60	24.00 28.80	30,00	20,900	118,200	139,100
Chemin de Hertzogenbachsee à Biel, sur la gr Emme à Derendengen.	Treillage, trois ouvertures, une simple voie	O. Zschokke.	81,60	24,00 28,80	4,20	20,900	118,000	138,900
Sur l'Aare, à Berne.	Treill., rails en dessus, voie charretière en dessous, 3 ouv. 2 ponts en tôle à ses côtés pour va lares.	G. Graenicher.	164,40 18.00	50,00 57,20 9,00	43,50 5,40	65.000 6.750	892,250 42,000	957 250 49,330
Aare à Solothurn	Treillage, trois ouvertures, une simple voie.	O. Zschokke.	93 00	28,80 21,30	9,60	25,000	140.500	165,500
Chemin Olten-Lucerne, petite Emme, à Emmenbrücke	Idem, mais avec quatre ouvertures.	Le même.	112,50	24,00 28,80	5,10	28,000	161,300	189,300
Chemin de St-Gall, viaduc de la vallée de Goldach.	Pont de pierre, arc plein cintre, 5 ouv. en rampe de 1,30, et courbe avec 4 ouv. de 340m de rayon	Le même.	77,10	13,50	26,40	»	»	»
Sur la Sitter, à St-Gall.	Pont en treillage avec trois piles en fonte.	A. Hartmann. C. Pestalozzi.	160,00	58.40 36,24	62.43	111,000	235,600	346,700
Sur la Thur, à Wyl.	Idem.	A. Hartmann. C. Schlichtigroll.	130,62	33 60 28,80	10,11	12 500	200.050	212 550
Sur la Glatt, à Flawyl	Idem, avec deux piles en fonte.	Les mêmes.	100,62	36,00 28,80	30.33	9 800	201,050	210,850

(1) Voir à la page précédente les prix moyens approximatifs de la main-d'œuvre et des matériaux.

RINCIPALES ET DES DÉPENSES

LLÉES DES CHEMINS DE FER SUISSES (PAR ETZEL[1]).

FER. Par mètre courant.	SYSTÈME des FONDATIONS	MATÉRIAUX	FONDATIONS	MAÇONNERIES	TABLIER DE FER	ENSEMBLE	PAR MÈTRE courant	TEMPS employé pour la construction.	OBSERVATIONS.
Mètre et de voie 1,3?4	Béton avec encaissement.	»	77,458	73 930	84,280	235,674	Tabl. fonte pour 1 v. 1 0?? 20	Juillet 1853 à oct. 1854.	Fondations pour 2 voies.
1,350	Culée comme ci-dessus, pile, grillage	»	1,815	37,568	53,648	93,028	*Idem.* 955 2?	Janvier 1854 à oct. 1854.	*Idem.*
»	Double assise pierre de taille fond solide, gravier solide [illegible]	Calcaire jurassique, muschelkalk	»	»	»	345,334	2,693 33	Août 1853 à oct. 1856	*Idem.*
2 voies. 3,980	Culées (béton avec encaissements, piles, encaissement et grillage.	»	69,896	231,104	299,000	600,000	Pour 2 voies. 2,888 88	Déc. 1854 à oct. 1856.	Le pont est disposé pour 2 voies. Le tablier en fer de ce pont a été exécuté en régie sous la direction de M. Riggenbach, à Olten.
1 voie. 1 670	Pierre de taille en roc, encaissement de béton.	»	20,150	39,820	64,896	124,840	Pour 1 v. 1 223 40	Juin 1855 à sept. 1856.	Même observation pour le tablier
1 732	Béton avec gravier et béton avec encaissement	»	8,100	23 ?30	38,760	65,090	1,266 70	Oct. 1855 à sept. 1856.	*Idem.*
1,732	Pierre de taille en roc.	»	3.146	36 189	33,760	73,095	1,266 70	Juin 1855 à sept. 1856.	*Idem.*
1,650	Culée, béton avec encaissement gen. et de pieux, pile grillage.	»	73,325	36,685	102,000	212.010	1,210 83	Avril 1855 à mars 1856.	»
1 650	Pierre de taille sur roc.	»	900	109,150	102,150	212,200	1,212 60	Mai 1856 à mars 1857	»
1,650	Culée, encaissement de béton, piles, grillage.	»	78,852	32,390	102,000	213,242	1,210 83	Oct. 1855 à mars 1857.	Voie en dessous entre les poutres.
1 voie. 5 093 2 voies. 1,???	Culées, pierre de taille sur gravier, arg. leurs piles sur rocher	»	22,400	228,000	855,200	Pour 2 voies. 1,105,600	Pour 2 v. 4,3?? 16 1,412 66	Commencé en mai 1856.	»
1,790	Culée, grillage, pile, encaisst de béton sur grill.	»	158,590	73,810	121,500	353,880	1,202 46	Avril 1856 à mai 1857.	Voie au milieu des poutres.
1.640	Culée, encaissement de béton, piles, grillage.	»	81,300	43,000	139.200	263,500	1,205 83	En exécution.	*Idem.*
»	Pierre de taille sur rocher.	Moellons de grès.	»	»	»	266,581	2.785 09	Oct. 1854 à juin 1856.	Dépense d'échafaudage, 30,070 fr. garde-corps, 7,000 f.
2,123	Pierre de taille sur rocher.	»	34,360	1 49,81	Y. les col. 725,460	900,640	T. fer, 1 v. 1 001 93	Oct. 1853 à mars 1856.	Hauteur des colonnes, 47,10.
1,526	Pierre de taille sur rocher, en gravier solide.	»	28,898	85,537	*Idem.* 294 504	408,939	*Idem.* 1,363 13	Août 1854 à oct. 1855.	Hauteur des colonnes, 14,67.
2,080	Pierre de taille sur rocher.	»	14,775	52,177	275,869	342,821	*Idem.* 1,548 40	Oct. 1853 à janv. 1856.	Hauteur des colonnes, 23,64.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT

ET PRIX DE REVIENT DE DIFFÉRENTS PONTS CONSTRUITS SUR LES CHEMINS DE FER WURTEMBERGEOIS.

DÉSIGNATION des PONTS.	SYSTÈMES.	OUVERTURE D'UNE TRAVÉE	DIMENSIONS des POUTRES EN TÔLE ou en treillis		POIDS DES MATÉRIAUX employés		PRIX DE REVIENT					
			LONGUEUR.	HAUTEUR	FER FORGÉ ou laminé.	FONTE.	DU FER forgé ou laminé	de la FONTE	de la CHARPENTE	DE MASTIC et de la couleur.	TOTAL de la superstructure	PAR MÈTRE courant d'ouverture.
		mètres.	mètres	mètres	kilog	kilog	fr	fr	fr	fr	fr.	fr. c.
Pont sur la Schussen, près Weissenau	Tôle, système tubulaire (de Fairbairn).	25 50	25 78	1 78	42,750	1,050	32,037	650	875	1,590	35,529	1 614 45
Pont sur l'Aach, près Niederhagen. . .	En treillis.	17 88	21 48	1 83	26,300	3,780	20 072	1,449	918	1,125	23,556	1,317 59
Pont sur la Schussen, près Aulendorf .	En treillis.	16 04	17 53	1 63	20,950	950	15,987	363	617	1 152	18,119	1,129 61
Pont sur le Bieberbach, près Nordheim.	Tôle.	9 64	11 17	0 97	10,350	350	7,900	134	362	575	8,071	899 48
Pont sur le Fasenfurterbach, près Aulendorf	Tôle	8 45	9 31	1 53	5,100	1,890	3,816	721	138	244	4,919	582 15
Pont à cinq travées, sur le Neckar, près Heilbronn	Tôle	7 16	8 31	0 72	6,650	470	5,075	180	182	191	5,628	786 01
Pont de décharge, près Ebach, sur le terrain submersible du Danube . .	Tôle.	6 30	7 45	0 65	4,037	1,567	3,540	596	125	148	4,409	699 81

MÉTRÉ D'UN PONT

DE 15m,20 D'OUVERTURE EN ARC DE CERCLE AVEC MURS EN RETOUR (LIGNE D'ORLÉANS).

Longueur du pont entre les têtes. . . . . L = 5m,40
Hauteur des piédroits . . . . P = 1m,00
Hauteur de la chaussée au-dessus des rails. . . . . . H = 0m,02

Numéros du métré	Désignation des ouvrages, parties d'ouvrages et indication de leur nature.	Nombre des parties ou pièces semblables.	Dimensions réelles: Longueur pour chacune ou ensemble.	Dimensions réelles: Largeur.	Dimensions réelles: Hauteur ou épaisseur.	Superficies, cubes ou poids: Élémentaires.	Superficies, cubes ou poids: Partiels.	Superficies, cubes ou poids: Définitifs.	Observations.
	§ Ier. *Maçonneries*								
1	Déblais pour fondations. .	2	4 05	6 00	4 00	194 40	»	195 00	
2	Béton pour fondations . .	»	»	»	»	»	»	»	
3	Maçonnerie de moellon ordinaire								
	Massif général.								
	Piédroits . .	2	4 65	5 40	1 00	50 22			
	Des naissances sous la plinthe	»	24 50	5 40	4 31	570 21			
	Total			»	»	620 45	620 45		
	A déduire								
	1° Le vide de la voûte .	»	»	5 40	32 44	175 56			
	2° Le cube de la chape. .	»	25 50	7 50	0 10	19 13	329 69		
	3° Le cube des remblais. .	»	»	»	»	137 00			
	Cube total			»	»	»	290 74	291 00	
4	Maçonnerie de pierre de taille.								
	Plinthes	2	24 50	0 35	0 50	8 58			
	Extrémités des parapets .	4	0 40	0 22	0 70	0 27	11 55	11 00	
	Bahuts	2	24 50	0 25	0 22	2 70			
5	Maçonnerie de briques pour parapets.	2	25 70	0 22	0 76	7 93		8 00	
6	Parements vus de moellons parementés.								
	Berceau intérieur . . .	»	16 67	5 40	»	90 02	205 76	204 00	
	Têtes.	2	»	»	56 87	113 74			
7	Parements vus de la pierre de taille								
	Plinthes	2	24 50	»	0 80	39 20			
	Extrémités des parapets. .	4	»	1 02	0 76	3 10	74 56	75 00	
	Bahuts.	2	24 50	»	0 65	31 85			
	Abouts de bahuts	4	»	0 25	0 21	0 21			
8	Parements vus de la maçonnerie de briques. . .	4	23 70	»	0 76	72 05		72 00	
9	Chape en béton de 0m,10 d'épaisseur	»	25 50	7 50	»	191 50		192 00	
10	Recouvrement en asphalte de 0m,05 d'épaisseur. .	»	»	»	»	»		192 00	

NUMÉROS DU MÉTRÉ	DÉSIGNATION DES OUVRAGES OU PARTIES D'OUVRAGES et indication de leur nature.	NOMBRE DES PARTIES ou pièces semblables	DIMENSIONS réduites. LONGUEUR pour chacune ou ensemble	LARGEUR	HAUTEUR ou épaisseur	SURFACES, CUBES ou poids AUXILIAIRES	PARTIELS	DÉFINITIFS	OBSERVATIONS
	§ II. — *Cintres.*								
11	Bois équarri.								
	Une ferme.								
	Poinçon principal..	»	4 95	0 20	0 20	0 198			
	Contrefiches	2	4 40	0 20	0 20	0 352			
	Arbalétriers principaux .	2	8 20	0 25	0 20	0 820			
	Moises	2	13 10	0 20	0 15	0 786			
	Poinçon secondaire.. . .	2	0 85	0 20	0 20	0 068			
	Arbalétriers secondaires..	4	4 00	0 20	0 20	0 640			
	Courbes.	4	4 00	0 18	0 16	0 461			
	Petites bielles	3	0 47	0 20	0 20	0 056			
	Semelles sous le poinçon principal..	»	2 00	0 20	0 10	0 040			
	Total pour une ferme.	»	»	»	»	3 421			
	Pour quatre fermes	4	»	»	»	3 421	13 684		
	Semelles.	6	5 40	0 25	0 10	0 810	1 038		
	Moises verticales..... ..	2	5 70	0 20	0 10	0 228			
	Cube total.	»	»	»	»	»	14 722	14 80	
12	Planches en sapin de 0m,06 d'épaisseur........ ...	»	16 67	5 40	»	90 02	»	90 00	
13	Fers pour boulons... ...	40 de 0m02 de diam. p. moy.				2k 20	88 00	88 00	
	§ III — *Ouvrages divers.*								
14	Pavages en pavés d'échantillon..	»	24 50	4 20	»	102 90	»	103 00	
15	Bordures de trottoirs.....	2	25 35	»	»	50 70	»	50 70	

DÉTAIL ESTIMATIF DU PONT ENTIER.

NUMÉROS DU DÉTAIL.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES ET PARTIES D'OUVRAGES et indication de leur nature.	LONGUEUR DE 5m,40				LONGUEUR DE 4m,40			
		QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSE		QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSE	
				PARTIELLE.	TOTALE.			PARTIELLE.	TOTALE.
	§ Ier. — *Maçonneries.*								
1	Déblais pour fondations	195 00				162 00			
2	Béton	»				»			
2 bis.	*Id.* avec matériaux provenant des déblais	»				»			
3	Maçonnerie de moellon ordinaire	189 00				157 [illegible]			
3 bis.	Maçonnerie avec moellons provenant des déblais	192 0[illegible]				»			
3 ter.	Maçonnerie de moellon pour faces vues	192 00				[illegible]			
4	Maçonnerie de pierre de taille	11 [illegible]				11 00			
5	Maçonnerie en briques	8 00				9 00			
6	Parements vus de moellons par mètres	204 00				187 50			
6 bis.	Rejointoiements de moellons parementés	204 00				187 50			
7	Parements vus de la pierre de taille	75 00				77 00			
7 bis.	Rejointoiements vus de la pierre de taille	75 00				75 00			
8	Parements vus de la maçonnerie de briques	72 00				72 00			
9	Chape en béton de 0,10 d'épaisseur	192 00				166 [illegible]			
10	Recouvrement en asphalte de 0,015 d'épaisseur	192 00				166 10			
	§ II. — *Charpente.*								
11	Bois équarri	14 80				14 70			
12	Planche de 0,0[illegible] d'épaisseur	[illegible]				73 50			
13	Fers pour boulons	88 00				88 00			
	§ III. — *Ouvrages divers.*								
14	Pavages en pavés [illegible]	105 0[illegible]				76 70			
15	Bordures de trottoirs	101 70				70 [illegible]			
	Totaux	..	....	....		....	..	....	
	Sommes complémentaires		....	......		.. ..		.....	
	Totaux pour aux	..		.. ...		...		.	

En appliquant aux quantités indiquées dans la dernière colonne les prix variables de chaque localité, on aura le prix total du pont, sauf somme à valoir et rabais d'adjudication.

Un de ces ponts, entre Poitiers et la Rochelle, a coûté 10,400 fr.

D'UN MÈTRE COURANT DE CHEMIN

Nota. — Un mètre courant de chemin à deux voies coûterait

DÉSIGNATION des MATÉRIAUX et des MAINS-D'ŒUVRE.	DESCRIPTION DES MATÉRIAUX.							
	NOMBRE.	NATURE.	LONGUEUR		CUBE		POIDS	
			par unité	à compter	par unité	à compter	par unité	à compter
			m.	m.	m.	m.	kil.	kil.
BALLAST	»	Sable.	»	»	»	2, 50	»	»
		Gravier	»	»	»	2, 40	»	»
	»		»	»	»	2,145	»	»
		Sable, pierre cassée sur 24 kilom.	»	»	»	2, 00	»	»
TRAVERSES, SABOTAGE COMPRIS. Traverses de joints, sabotage	0^t,222	0 08 chêne. 0.01 sapin ou hêtre préparé	»	»	0,130	»	»	»
		Chêne.	»	»	0,130	»	»	»
	0 ,222	Chêne naturel	»	»	0, 14	0, 03	»	»
	0 ,166		»	»	0,122	»	»	»
Traverses intermédiaires.	0 ,666	0,08 chêne. 0,01 sapin ou hêtre préparé.	»	»	0,100	»	»	»
		Chêne.	»	»	0,100	»	»	»
	0 ,667	Id.	»	»	0,105	0, 07	»	»
	0 ,833	Id	»	»	0,093	»	»	»
Traverses de joints et traverses intermédiaires	1 , 11	Id.	»	»	0,106	»	»	»
COUSSINETS. Coussinets de joints	0^t,444	Fonte.	»	»	»	»	12,50	5,55
	0 ,444	Id.	»	»	»	»	12,10	5,37
	0 ,333	Id.	»	»	»	»	10,50	3,50
Coussinets intermédiaires	1 ,333	Id	»	»	»	»	10,40	13.86
	1 ,133	Id.	»	»	»	»	10,20	13,73
	1 ,666	Id.	»	»	»	»	8,30	14,06
Coussinets de joints et coussinets intermédiaires	2 , 22	Id.	»	»	»	»	»	21,20
CHEVILLETTES	3^t,555	Fer	»	»	»	»	0,333	1,184
	3 ,555	Id.	»	»	»	»	0,301	1,07
	4 ,000	Id.	»	»	»	»	0,300	1,20
	4 ,444	Id.	»	»	»	»	0,273	1,213
RAILS	»	Fer.	4^m,50	2^m,00	»	»	37,50	75,00
	»	Id.	4 ,50	2 ,00	»	»	37,50	75,00
	»	Id.	6 ,00	2 ,00	»	»	30,00	60,00
	»	Id.	4 ,50	2 ,00	»	»	30,00	60,00
COINS	1^t,777	Chêne.	»	»	»	»	»	»
	1 ,778	Id.	»	»	»	»	»	»
	2 ,000	Id.	»	»	»	»	»	»
	2 , 22	Id.	»	»	»	»	»	»

Total du prix des matériaux..

Réception des matériaux, transport à pied d'œuvre, approche et pose ou emploi..........

Somme à valoir pour rechargement, entretien, etc...................................

DÉPENSES TOTALES........................

DE FER À SIMPLE VOIE. — 1850

exactement le double des prix indiqués ci-dessous.

QUANTITÉ.	PRIX DE L'UNITÉ.	PRIX DE REVIENT — CHEMIN DE STRASBOURG ET EMBRANCHEMENTS. — Ligne principale de Paris à Strasbourg.	Embranchement de Frouard à Sarrebruck	Embranchement de Metz à Thionville	Embranchement de Strasbourg à Wissembourg	CHEMIN DE PARIS À ORLÉANS et embranchement de Corbeil.
m c	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
2 ,50	3 50	8 75	8 75	»	»	»
2 ,40	1 50	»	»	3 60	»	»
2 ,145	3 50	»	»	»	7 51	»
3 ,00	3 81[1]	»	»	»	»	7 63
0t,222	6 45	1 87	»	»	»	»
0 ,222	9 20	»	2 04	»	»	»
0 ,03	44 00	»	»	1 36	»	»
0 ,222	0 20					
0 ,166	5 56	»	»	»	0 92	»
0 ,666	6 80	4 53	»	»	»	»
0 ,666	7 10	»	4 73	»	»	»
0 ,07	41 00	»	»	3 21	»	»
0 ,667	0 20					
0 ,833	4 30	»	»	»	3 58	»
1 ,11	7 99	»	»	»	»	8 87
5t,55	0 255	1 41	1 41	»	»	»
4 ,37	0 16	»	»	0 66	»	»
3 ,50	0 202	»	»	»	0 71	»
13 ,88	0 255	3 53	3 53	»	»	»
13 ,73	0 16	»	»	2 20	»	»
14 ,64	0 202	»	»	»	2 96	»
21 ,20	0 307	»	»	»	»	6 51
1t,18	0 50	0 59	0 59	»	»	»
1 ,07	0 36	»	»	0 38	»	»
1 ,20	0 485	»	»	»	0 58	»
1 ,21	0 63	»	»	»	»	0 76
75t,00	0 35	26 25	26 25	»	»	»
75 ,00	0 235	»	»	17 63	»	»
60 ,06	0 26	»	»	»	15 62	»
60 ,00	0 392	»	»	»	»	23 52
1t,78	0 10	0 18	0 18	»	»	»
1 ,778	0 097	»	»	0 17	»	»
2 ,00	0 09	»	»	»	0 18	»
2 ,22	0 19	»	»	»	»	0 42
[illegible]		47 11	47 47	25 41	32 06	47 70
[illegible]		2 00	2 00	1 25	0 79	3 80[3]
[illegible]		0 89	0 89	0 84	1 28[5]	1 12[4]
[illegible]		50 00	50 36	31 50	34 13	52 63

OBSERVATIONS.

1. Résultats moyens du décompte définitif de premier établissement dressé en 1844 par M. Jullien, ingénieur en chef de la ligne.

2. Le prix moyen a été de 4 fr. 35 de Juvisy à Orléans, et seulement 2 fr. 14 de Paris à Corbeil.

3. Comprenant 1 franc 80 pour transport des rails, sabots, traverses, chevillettes et coins pesant 200 kilogr. par mètre courant de voie, des ports de livraisons aux chantiers de dépôt, et 2 fr. pour transports des matériaux des chantiers de dépôts à pied d'œuvre, pose provisoire d'une voie pour le transport du ballast par wagons, relèvements de cette voie et pose définitive de la seconde voie après le répandage du ballast, pose de différentes voies de service, transports de quelques terrassements et du ballast.

4. Pour frais de réception de matériaux, clôture, garde et surveillance des chantiers de dépôt, relèvement et entretien de la voie par suite des premiers terrassements pendant l'exécution des travaux.

5. Entretien pendant un an.

RAPPORT

DE L'INGÉNIEUR PRINCIPAL DE LA PREMIÈRE DIVISION DES CHEMINS DE FER DE L'EST
RELATIF AUX CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE EN ACIER.

Des essais de changements et croisements de voies en acier fondu et en acier puddlé ont été faits à la gare de la Villette

Un changement et un croisement de voie en acier fondu, expédiés de Graffenstaden, ont été posés, sur la voie descendante, un peu après la traversée de voie, sur une partie très-fréquentée par les trains et les machines locomotives.

Ces deux appareils en acier fondu, en place depuis cent soixante-neuf jours, sont encore aujourd'hui en parfait état; ils n'ont eu besoin d'aucunes réparations, et l'on ne remarque qu'une légère usure régulière à leur surface, usure à peine visible.

Les pièces qui fatiguent le plus dans les appareils de voie sont les pattes de lièvre et les cœurs.

Les premières de ces pièces, faites en fer fort avec mise d'acier, durent environ six mois à l'emplacement sus-indiqué, et les secondes un peu plus du double. Les aiguilles ordinaires durent, en moyenne, dix-huit mois.

Dans les appareils expérimentés, comme nous venons de le dire, ces pièces, au bout de six mois environ, n'ont encore subi qu'une légère trace d'usure, à peine sensible.

Il y a tout lieu de croire qu'elles auront une durée bien plus grande que celle des pièces ordinaires, durée qu'on peut porter au moins au double sans crainte d'exagération.

Une traversée de voie en acier puddlé, confectionnée chez MM. Warral et Middleton, a été posée, le 20 mars 1856, sur la voie descendante, au-dessous du changement de voie sus-indiqué

Cette traversée de voie est la partie la plus fatiguée dans toute la gare de la Villette; elle se trouve sur un point où le passage des trains et des machines de toute espèce est continuel.

Avec beaucoup de réparations, l'on parvenait à faire durer cent vingt-neuf jours cet appareil de voie fabriqué en fer fort avec mise d'acier

Les pièces en acier puddlé, d'après la date de pose ci-dessus, travaillant depuis cent vingt-huit jours à la même place, ne présentent aucunes traces sensibles d'altération ou d'usure; la surface du champignon ou des pointes de cœur est encore complétement intacte. Ces pièces auront donc une durée bien plus grande que les pièces ordinaires.

D'après ces expériences, le soussigné pense qu'il y aurait un bien grand in-

térêt pour la Compagnie à faire tous ses changements et croisements de voies en acier fondu ou en acier puddlé.

En effet, si ces appareils coûtent un peu plus cher que ceux ordinaires en fer fort aciéré, cette augmentation de dépense d'établissement se trouve compensée, et largement au delà, par une durée que l'on peut dès aujourd'hui, sans exagération, porter au double, et par la diminution des frais continuels de réparations qu'occasionnent les pièces ordinaires ; ils ont aussi un avantage d'une très-grande valeur sur celles-ci : c'est que, ne présentant qu'une usure régulière et très-lente, ils ne donnent pas lieu à des chocs sensibles dans le matériel roulant.

Voici les prix comparés de la partie métallique des changements et croisements de voie ordinaires avec des changements et croisements de voie en acier puddlé, en admettant que le prix des 100 kilogrammes de ce dernier soit de 55 fr.

CHANGEMENT ORDINAIRE AVEC FER FORT ACIÉRÉ.

1° A deux voies.

811 kil. 40 de fer fort, y compris l'aciérage, à 45 fr. les 100 kilog.	365 fr. 15 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte. . .	500 »
TOTAL.	865 fr. 15 c.

2° A trois voies

1,948 kil. 12 de fer fort aciéré, à 45 fr. les 100 kilog. .	876 fr. 65 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte. .	1,030 »
TOTAL.	1,906 fr. 65 c.

CHANGEMENT DE VOIE EN ACIER PUDDLÉ.

1° A deux voies :

811 kil. 40 d'acier puddlé, à 55 fr. les 100 kilog. . .	446 fr. 27 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte. . .	500 »
TOTAL.	946 fr. 27 c.

2° A trois voies :

1,948 kil. 12 d'acier puddlé, à 55 fr. les 100 kilog. . . .	1,071 fr. 47 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte. . .	1,030 »
TOTAL.	2,101 fr. 47 c.

Ainsi un changement à deux voies en acier puddlé coûterait.	946 fr. 27 c.
au lieu de.	805 15
qu'il coûterait en fer fort aciéré.	
Soit en plus.	81 fr. 14 c.

Et un changement à trois voies en acier puddlé coûterait.	2,101 fr.	47 c.
au lieu de.	1,906	65
qu'il coûterait en fer fort aciéré		
Soit en plus.	194 fr.	82 c.

En résumé, les changements de voie en acier puddlé coûteraient environ le dixième en sus en moyenne des changements en fer fort aciéré; cette augmentation de prix serait faible en comparaison de la durée de ces appareils, durée qui est au moins le double de celle des autres, *pourvu que l'acier soit bien fabriqué*, condition difficile encore à obtenir

Les dépenses de réparations pendant la durée de ces pièces seraient à peu près nulles, tandis qu'elles sont notables dans les changements de voie ordinaires.

Enfin ils auraient le grand avantage d'offrir un roulement plus doux au matériel de traction, en ce que les chocs seraient bien moindres *Depuis la rédaction de cette note, on a abandonné, on à peu près, l'acier puddlé, à cause de sa grande variation de qualité, et on lui a substitué l'acier fondu, bien que le prix en soit plus élevé*

PRIX DE REVIENT

D'UNE PLAQUE TOURNANTE DE $4^m.50$ DE DIAMÈTRE, EN FONTE.

DÉSIGNATION	POIDS. FONTE.	POIDS. FER.	POIDS. ACIER.	TOTAL	ENSEMBLE	PRIX DE L'UNITÉ	TOTAL.
Fonte.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	f. c.	f. c.
Plateau mobile. { Croisillon (1)	2,092 000	»	»				
Plateau mobile. { Segments (4).	1,268 000	»	»				
Plateau inférieur (chemin de roulement en quatre parties).	552 000	»	»				
Segments de cuve d'enceinte (8)	1,339 000	»	»	5,585 000			
Galets (8)	227 000	»	»				
Crapaudine ou axe de pivot (1)	82 000	»	»				
Cloche de recouvrement du pivot (1)	23 000	»	»				
Fer.							
Pivot (1)	»	47 000	»				
Tringles des galets (8)	»	105 000	»				
Cercle extérieur (en quatre parties)	»	154 000	»				
Rondelles pour le moyeu (2)	»	12 000	»				
Cales pour le croisillon supérieur (16)	»	8 000	»				
Plaques destinées à être placées entre le cercle inférieur et le croisillon en bois (12).	»	24 000	»				
Encoches (4)	»	38 000	»				
Boulons pour fixer les encoches (8)	»	7 000	»				
Clavettes — — (16)	»	10 000	»				
Boulons pour le pivot (4).	»	2 000	»				
— pour le moyeu (8).	»	4 000	»		6,081 500	35 75	2,174 1
— pour fixer la crapaudine en fonte (4).	»	9 000	»	6,070 500			
— pour fixer les quatre segments du châssis de roulement sur le croisillon en bois (36)	»	28 000	»				
— pour assembler les quatre segments du plateau mobile (8	»	4 000	»				
— pour fixer les segments de cuve d'enceinte (40)	»	18 000	»				
— pour assembler le croisillon supérieur avec les quatre segments du plateau mobile (16).	»	15 000	»				
— pour le cercle extérieur (8)	»	5 500	»				
Acier.							
Pièce de crapaudines (1)	»	»	5 000	5 000			
Boulons de charpente A (4).	»	12 850	»	12 850	12 850	62 00	7 97
— — B (4).	»						
Bridge-rails de $1^m.475$ (8).	»	413 000	»	602 700	602 700	»	389 90
— de $1^m.355$ (4).	»	189 700	»				
Boulons pour la pose des bridge-rails de 130 millim. (16).	»	23 070	»	23 070	23 070	63 50	14 05
Boulons pour la pose des bridge-rails de 95 millim. (96)	»						
POIDS TOTAL.					6,720 120	»	
PRIX PARTIEL.							2,386 06
$10^{m^2},80$ de madriers en chêne pour le parquet de recouvrement, à 4 fr. 75 c. le mètre carré.							51 30
$1^{m^3},504$ de bois de chêne pour le châssis de fondation, à 120 fr. le mètre cube.							156 48
PRIX TOTAL.							2,794 4

PRIX DE REVIENT

D'UNE PLAQUE TOURNANTE DE $5^m,50$ DE DIAMÈTRE, EN FONTE

DÉSIGNATION.	POIDS. FONTE	POIDS. FER	POIDS. ACIER	TOTAL.	ENSEMBLE.	PRIX DE L'UNITÉ.	TOTAL.
Fonte	kil	kil	kil	kil	kil	f. c.	f. c.
Croisillon (1).	1 200 000	»	»				
Cercle en couronne pour ledit croisillon (1)	080 000	»	»				
Plateau mobile (1 . . .	1,065 000	»	»	4,915 000			
Segments de cuve (6) . . .	1 456 000	»	»				
Galets (8)	207 000	»	»				
Cloche de recouvrement (1	17 000	»	»				
Fer							
Pivot (1)	»	37 500					
Cercle extérieur (1)	»	109 500					
Tringles des galets (8). . .	»	55 000					
Rondelles des tringles (8)	»	2 000					
— du moyeu (2) .	»	15 600					
Loquet (1) . .	»	4 400					
Pitons du loquet (2)	»	3 700					
Tourillon pour piton (1	»	0 800					
Clavette pour la crapaudine (1). .	»	1 500					
Encoches (4).	»	52 000			5,255 800	35 80	1,770 46
Boulons pour les encoches (8.	»	8 300	335 600	335 600			
Clavettes pour les encoches (8	»	8 400					
Boulons pour le pivot (4) .		10 200					
— pour relier la cuve au croisillon inférieur (12)	»						
— pour les segments de la cuve (18) .	»	15 700					
pour les cercles des tringles des galets (8) . .	»						
— pour l'assemblage des segments du grand cercle (8)	»						
— pour le croisillon (8 . .	»	11 400					
Acier.							
Paire de crapaudines (1). . . .	»	»	5 200	5 200			
Bridge-rails de $0^m,955$ (8), équerres	»	264 000					
— de $1^m,355$ (4), droits	»	189 700	»	454 500	454 500	»	296 95
Boulons de 130 millim., pour la pose des bridge-rails (16).	»						
Boulons de 95 millim., pour la pose des bridge-rails (88).	»	21 420	»	21 420	21 420	65 50	15 00
Poids total					5,751 520	»	
Prix partiel							2,087 01
6^{m2} 41 de madriers en chêne pour le parquet de recouvrement, à 4 fr. 75 c. le mètre carré							30 45
Prix total.							2,117 46

DÉTAIL ESTIMATIF

RELATIF A LA CONFECTION DE CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE DE DIVERS TYPES AVEC AIGUILLES, CONTRE-RAILS D'AIGUILLES POINTES DE CŒUR EN ACIER PUDDLÉ ET PATTES-DE-LIÈVRE EN ACIER FONDU.

1° *Détail pour un appareil de déviation simple du modèle de PS*

RAILS EN ACIER PUDDLÉ

2 aiguilles de 5^{m}, ci.	10^{m} »		
2 contre-rails d'aiguilles de 4^{m}, ci	8 »	23^{m},80 × 38^{k} = 904^{k},400 × 56^{f} les 100^{k} =	506^{f} 40
1 pointe de cœur de 3^{m} + 2^{m},80, ci . . .	5 80		

RAILS EN ACIER FONDU

1 patte-de-lièvre de 3^{m},375, ci.	3^{m} 375	6^{m},175 × 38^{k} = 234^{k},650 × 79^{f} les 100^{k} =	185^{f} 37
1 patte-de-lièvre de 2^{m},80, ci.	2 80		

RAILS EN FER ORDINAIRE (type PS)

2 contre-rails de croisement de 2^{m},50, ci .	5^{m} »	5^{m} × 37^{k},500 = 187^{k},500 × 18^{f},25 les 100^{k} =	34^{f} 22
Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture de l'appareil de manœuvre, des coussinets spéciaux, etc			360^{f} »
Total pour une déviation simple du modèle PS. . . .			1,086^{f} 05

2° *Détail pour un appareil de déviation symétrique du modèle de PS*

RAILS EN ACIER PUDDLÉ

2 aiguilles de 5^{m}, ci	10^{m} »		
2 contre-rails d'aiguilles de 4^{m}, ci. . . .	8 »	23^{m},60 × 38^{k} = 896^{k},800 × 56^{f} les 100^{k} =	502^{f} 21
1 pointe de cœur de 3^{m} + 2^{m},60, ci . .	5 60		

RAILS EN ACIER FONDU

2 pattes-de-lièvre de 2^{m},80, ci.		5^{m},60 × 38^{k} = 212^{k},800 × 79^{f} les 100^{k} =	168^{f} 11

RAILS EN FER ORDINAIRE (type PS)

2 contre-rails de croisement de 2^{m},50, ci	5^{m} »	5^{m} × 37^{k},500 = 187^{k},500 × 18^{f},25 les 100^{k} =	34^{f} 22
Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture de l'appareil de manœuvre des coussinets spéciaux, etc			360^{f} »
Total pour un appareil de déviation symétrique PS. . . .			1,064^{f} 54

3° Détail pour un appareil de déviation triple du modèle PS

RAILS EN ACIER PUDDLÉ			
2 aiguilles de 5^m, ci. .	10^m »		
2 — 3^m,60, ci.	7 20		
2 contre-aiguilles de 4^m, ci.	8 »	42^m,40 × 38^k = 1611^k,200 × 56^f les 100^k	902^f 27
2 pointes de cœur de 3^m + 2^m,80, ci. .	11 60		
1 pointe de cœur de 3^m + 2^m,60, ci. . .	5 60		
RAILS EN ACIER FONDU			
2 pattes-de-lièvre de 3^m,375, ci.	6^m 75	17^m,95 × 38^k = 682^k,100 × 79^f les 100^k =	538^f 86
4 pattes-de-lièvre de 2^m,80, ci.	11 20		
RAILS EN FER ORDINAIRE (type PS)			
4 contre-rails de croisement de 2^m,50, ci. .	10^m »	10^m × 37^k,500 = 375^k × 18^f,25 les 100^k =	68^f 44

Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture de l'appareil de manœuvre, des coussinets spéciaux, etc. . . . . 740^f »

Total pour un appareil de déviation triple PS. . . . 2,249^f 57

4° Détail pour un appareil de déviation simple du modèle PM.

RAILS EN ACIER PUDDLÉ			
2 aiguilles de 5^m, ci. .	10^m »	15^m,80 × 38^k = 600^k,400 × 56^f les 100^k =	336^f 22
1 pointe de cœur de 3^m + 2^m,80, ci. .	5 80		
2 contre-rails d'aiguilles de 5^m,50 du modèle PM, ci. .	11^m »	11^m × 36^k = 396^k × 56^f les 100^k =	221^f 76
RAILS EN ACIER FONDU			
1 patte-de-lièvre de 3^m,375, ci.	3^m,375	6^m,175 × 38^k = 234^k,650 × 79^f les 100^k =	185^f 37
1 patte-de-lièvre de 2^m,80, ci.	2 80		
RAILS EN FER ORDINAIRE (type PM)			
2 contre-rails de croisement de 2^m,50, ci.	5^m »	5^m × 35^k = 175^k × 18^f,25 les 100^k =	31^f 94

Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture de l'appareil de manœuvre, des coussinets spéciaux, etc. . . . . 300^f »

Total pour un appareil de déviation simple PM. . . . . 1,075^f 29

5° Détail pour un appareil de déviation simple du système Vignoles.

RAILS EN ACIER PUDDLÉ			
2 aiguilles de 5^m, ci. . . .	10^m »	22^m × 37^k = 814^k × 56^f les 100^k =	455^f 84
2 contre-rails d'aiguille de 6^m, ci.	12 »		
RAILS EN ACIER FONDU			
2 pattes-de-lièvre de 3^m,30, ci.		6^m,60 × 37^k = 244^k,200 × 79^f les 100^k =	192^f 92

RAILS EN FER ORDINAIRE (Vignoles)

2 raccords de pointe de 2m,08, ci.	4m 16	22m,11 × 35k = 773k,850 × 18f25 les 100k =	141f 25
2 contre-rails de croisement de 3m,10, ci. .	6 20		
1 contre-rail de croisement de 6m, ci . .	6 »		
1 contre-rail de croisement de 5m,75, ci. .	5 75		

Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture de la pointe spéciale en acier fondu, de l'appareil de manœuvre, etc. . . . 425f »

Total pour un appareil de déviation simple du système Vignoles. . 1,214f 80

6° *Détail pour un appareil de déviation symétrique du système Vignoles.*

RAILS EN ACIER PUDDLÉ

2 aiguilles de 5m, ci. . . .	10m »	22m × 37k = 814k × 56f les 100k =	455f 84
2 contre-rails d'aiguilles de 6m, ci.	12 »		

RAILS EN ACIER FONDU

2 pattes-de-lièvre de 3m,45, ci	6m,90 × 37k	255k,300 × 79f les 100k =	201f 60

RAILS EN FER ORDINAIRE (Vignoles)

2 raccords de pointe de 2m,08, ci. . . .	4m 16	22m,36 × 35k = 782k60 × 18f25 les 100k =	149f 82
2 contre-rails de croisement de 3m,10, ci.	6 20		
2 contre-rails de croisement de 6m, ci. .	12 »		

Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture de l'appareil de manœuvre, de la pointe spéciale en acier fondu, etc. . 425f »

Total pour une déviation symétrique, système Vignoles 1,225f 35

7° *Détail pour un appareil de déviation triple système Vignoles.*

RAILS EN ACIER PUDDLÉ

2 aiguilles de 5m, ci. .	10m »	20m 20 × 37k = 1080k,400 × 56f les 100k =	605f 02
2 — de 5m,60, ci.	7 20		
2 contre-rails d'aiguilles de 6m, ci. . . .	12 »		

RAILS EN ACIER FONDU

2 pattes-de-lièvre de 3m,45, ci.	6m 90	20m 10 × 37k = 745k,700 × 79f les 100k =	587f 52
4 pattes-de-lièvre de 15m,20, ci.	17 20		

RAILS EN FER ORDINAIRE

6 raccords de pointe de 2m,08, ci. .	12m 48	48m,88 × 35k = 171k,080 × 18f,25 les 100k =	31f 22
4 contre-rails de croisement de 3m,10, ci	12 40		
4 contre-rails de croisement de 6m, ci.	24 »		

Confection du changement et du croisement, y compris la fourniture des pointes spéciales en acier fondu, de l'appareil de manœuvre, etc. . . . 990f »

Total pour une déviation triple du système Vignoles. 2,213f 70

8° *Détail pour une traversée à 7m 30c avec ses deux croisements du modèle* PS.

RAILS EN ACIER PUDDLÉ			
2 pointes de cœur de 3m + 2m,60, ci. . .	11m 20	11m,20 × 38k = 425k,600 × 56f les 100k =	238f 34
RAILS EN ACIER FONDU			
4 pointes de 2m,80, ci.	11m 20	30m,40 × 38k = 1155k 200 × 79f les 100k =	912f 61
2 pattes-de-lièvre de 4m, ci.	8 »		
4 pattes-de-lièvre de 2m,80, ci.	11 20		
RAILS EN FER ORDINAIRE type PS			
2 rails coudés de 2m,80, ci.	5m 60	22m,32 × 37k,500 = 837k × 18f,25 les 100k =	152f 75
4 contre-rails de 1m,68.	6 72		
4 contre-rails de 2m,50, ci . . .	10 »		
Confection de la traversée avec ses deux croisements, y compris la fourniture des coussinets spéciaux, etc.			300f »
Total pour une traversée avec ses croisements PS.			1,603f 70

9° *Détail pour une traversée à* 7m 1/2 *avec ses deux croisements du système Vignoles.*

RAILS EN FER ORDINAIRE (Vignoles)			
2 rails coudés de 6m, ci	12m »	44m,72 × 35k = 1565k,200 × 18f,25 les 100k =	285f 56
4 contre-rails de 3m,10, ci.	12 40		
2 contre-rails de 6m, ci	12 »		
4 raccords de pointe de 2m,08, ci.	8 32		
RAILS EN ACIER FONDU			
4 pointes de 2m,80, ci.	11m 20	32m,80 × 37k = 1213k,600 × 79f les 100k =	958f 74
2 pattes-de-lièvre de 3m,90, ci. . . .	7 80		
4 pattes-de-lièvre de 3m,45, ci. . . .	13 80		
Confection de la traversée avec ses deux croisements, y compris la fourniture des coussinets spéciaux, etc			585f »
Total pour une traversée avec ses croisements (système Vignoles). . .			1,829f 30

ÉTABLISSEMENT

de la ligne télégraphique.

PRIX DE REVIENT PAR KILOMÈTRE DE DOUBLE FIL.

(Fil omnibus et fil direct).

1° *Poteaux.*		
20 Poteaux en pin préparé par le procédé Boucherie à 7 fr.		140f »
2° *Fil.*		
2 Kilomètres de fil de fer galvanisé de 4 millimètres pesant 200 kil. à 75 les 100 kilog.		150 »
3° *Porcelaines.*		
38 Cloches de suspension à 0f 24.	9 12	
2 Supports de tendeurs à 1 30.	2 60	
		11 72
4° *Appareils de suspension.*		
38 Crochets galvanisés à 60 fr. le mille.	2 36	
2 Tendeurs id. à 5f 40.	10 80	
		13 16
5° *Vis.*		
76 Vis 24,70 tête ronde galvanisées à 5f 15 la grosse. . . .	2 68	
4 Vis tête carrée pour tendeurs à 30f 60 le cent.	1 22	
		3 90
6° *Pose.*		
20 Poteaux à 1f 25.	25	
Pose de 2 kilomètres de fil simple.	10	
Scellement des crochets compris fourniture du soufre, 38 à 0,05.	1 90	
Somme à valoir.	4 32	
		41 22
Total.		360f »

TÉLÉGRAPHIE.

PRIX DES APPAREILS ET ACCESSOIRES.

1° Poste tête de ligne à une direction

1	Manipulateur.	75
1	Récepteur à lettres.	120
1	Sonnerie.	100
1	Boussole.	10
1	Commutateur de pile.	8
1	Paratonnerre.	8
1	Pile de 28 éléments.	50
1	Table en chêne, avec caisse à pile.	100
	Montage du poste.	45
	Total.	526

2° Poste intermédiaire simple ou à deux directions.

1	Manipulateur.	75
1	Récepteur à lettres.	130
2	Sonneries.	220
2	Boussoles.	20
1	Commutateur de pile.	8
2	Paratonnerres.	16
1	Pile de 28 éléments.	50
1	Table en chêne avec caisse à pile.	100
	Montage du poste.	45
	Total.	654

3° Poste intermédiaire de bifurcation ou à trois directions.

1	Manipulateur.	75
1	Récepteur à lettres.	120
3	Sonneries.	330
3	Boussoles.	30
1	Commutateur de pile.	8
3	Paratonnerres.	24
1	Pile de 28 éléments.	50
1	Table en chêne avec caisse à pile.	100
	Montagne du poste.	45
	Total.	782

Pour chaque direction en plus :

1	Sonnerie.	100
1	Boussole.	10
1	Paratonnerre.	8
	Total.	128

Au delà de quatre ou cinq directions on préfère établir des relais.

CHEMIN DE FER DU NORD

CAHIER DES CHARGES

POUR LA FOURNITURE DES RAILS DU SYSTÈME VIGNOLES.

ARTICLE PREMIER. — *Objet du cahier des charges.* — Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture de rails en fer du profil Américain (dit *Vignoles*).

ART. 2. — *Gabarit des rails.* — Les rails présenteront la forme exacte du gabarit poinçonné qui sera remis au fabricant. Le profil en sera rigoureusement conservé sur toute la longueur des barres, et particulièrement aux extrémités, qu'on évitera avec soin de comprimer ou d'altérer, lors du coupage.

La fabrication courante ne devant être entreprise que lorsque les cylindres auront été reconnus parfaitement convenables, le fournisseur devra suivre avec la plus minutieuse attention la confection de ces cylindres, afin de ne présenter à la vérification que des rails ayant exactement la forme du gabarit. Le fabricant sera d'ailleurs responsable de tout retard de fabrication provenant de ce que les spécimens de rails qu'il aurait fournis ne seraient pas acceptables.

Les rails fabriqués pour essayer les cylindres, et tous autres fabriqués après que les cylindres auront été acceptés, mais qui ne reproduiraient pas exactement les formes du gabarit, seront rebutés.

La Compagnie aura toujours le droit de changer le gabarit des rails, en tenant compte au fournisseur des dépenses spéciales que ce changement lui imposerait, dépenses qui seraient évaluées d'un commun accord ou à dire d'experts.

ART. 3. — *Poids des rails.* — Le poids des rails résultera du gabarit donné aux fabricants; il sera constaté sur des rails de la première fabrication de section rigoureusement exacte. Dans les réceptions partielles, il sera accordé sur ce poids une tolérance de deux pour cent (2 pour 100) en plus ou en moins, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids normal de plus de un pour cent (1 pour 100).

Dans cette limite de tolérance et au-dessous, les rails seront payés d'après leur poids réel; au-dessous, l'excédant de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Les rails en dehors des limites ci-dessus, pour défaut ou excès de poids,

pourront être rebutés, si l'Ingénieur en Chef de la Compagnie le juge convenable.

Art. 4. — *Longueur des barres.* — La longueur normale des barres sera de six mètres ($6^m,00$). Pour une partie de la fourniture qui ne pourra pas dépasser un dixième, et qui sera fixée par l'ingénieur en chef de la Compagnie, les barres devront être coupées à la longueur de cinq mètres quatre-vingt-seize centimètres ($5^m,96$).

Pour faciliter la fabrication, une barre sur vingt sera admise avec une longueur moindre que la longueur normale. Ces barres plus courtes auront soit cinq mètres dix centimètres ($5^m,10$), soit quatre mètres vingt centimètres ($4^m,20$) de longueur. Il est, du reste, entendu qu'elles devront provenir uniquement des barres fabriquées pour les longueurs normales ($6^m,00$ et $5^m,96$), et qui auront dû être rognées par suite de défauts à leurs extrémités.

La Compagnie pourra commander au fournisseur un certain nombre qui ne dépassera pas un pour cent (1 pour 100) de rails de longueurs exceptionnelles; mais la plus grande longueur ne pourra pas dépasser dix mètres ($10^m,00$). Tout rail fabriqué sur commande à une longueur excédant six mètres ($6^m,00$) sera payé quatre pour cent (4 pour 100) plus cher.

La tolérance sur les longueurs fixées n'excédera jamais un millimètre et demi ($0^m,0015$) en plus ou en moins.

Art. 5. — *Marque de fabrique.* — Les rails porteront des marques en relief bien apparentes, désignant à la fois l'usine, l'année et le mois de fabrication, comme l'indique le plan remis au fournisseur. Ces marques résulteront d'une gravure faite dans la cannelure finisseuse du cylindre.

Art. 6. — *Qualité des fers.* — Les rails seront en fer dur et compact, bien soudé, non cassant à froid, à grain fin particulièrement dans les champignons, enfin de qualité convenable, pour résister à l'action des roues, sans se rompre, s'exfolier, se dessouder, etc.

Art. 7. — *Conditions de fabrication.* — La fabrication du fer devra être conduite en vue de n'avoir, autant que possible, que du fer à grain fin.

1° Classification des rails.

2° Composition des paquets.

3° Laminage.

Les fers puddlés, destinés à la fabrication des rails, seront d'ailleurs exactement classés par nature, et en trois catégories distinctes, savoir : 1° les fers à grain ; 2° les fers métis ou à grain mêlé de nerf; 3° les fers à nerf.

Dans les paquets pour corroyés, il n'entrera exclusivement que des fers de la première catégorie, c'est-à-dire à grain. L'ingénieur en chef de la Compagnie se réserve la faculté de prescrire le sens dans lequel ces paquets devront être laminés.

Les paquets pour rails devront, autant que possible, être composés de fer à grain fin. Dans tous les cas, le fer à nerf ne sera admis que dans le dernier

tiers du paquet ; entre lui et les deux premières mises en fer à grain sous le corroyé, on admettra le fer métis.

Les barres formant les différentes mises seront de section rectangulaire. Chaque mise de fer puddlé se composera en largeur de deux ou trois pièces au plus. La mise en fer corroyé formant la partie supérieure du paquet sera d'une seule pièce; elle représentera en poids le cinquième environ de la masse totale, de manière à présenter sur la section du rail fini, dans les surfaces de roulement, une épaisseur d'au moins un centimètre ($0^m,01$)

Les bouts écrus des barres formant le paquet seront affranchis. Ces barres seront toutes d'une seule pièce, bien dressée pour toute la longueur du paquet. Cependant, pour le fer puddlé, on tolérera quelques barres en deux pièces au plus, dont la plus petite n'aura pas moins de trente centimètres ($0^m,30$) de longueur, mais alors elles seront ajustées avec soin, bout à bout, de manière à ne laisser dans l'intérieur du paquet que le moins de vide possible. Les joints des mises devront être contrariés; à cet effet, les barres de fer puddlé ne devront pas être de même largeur

Les dimensions et la composition des paquets, ainsi que les dessins des cannelures successives, par lesquelles ces paquets doivent passer dans la fabrication, seront d'ailleurs soumis à l'approbation de l'ingénieur en chef de la Compagnie, sans que cette formalité diminue en rien la responsabilité du fournisseur.

Le laminage des rails devra être aussi parfait que possible. Tous ceux qui seraient mal soudés, ou pailleux, ou criqués, ou rompus dans leurs fibres, seront rebutés.

Art. 8. — *Dressage des rails et coupe des bouts.* — Les rails seront dressés sur les quatre faces avec le plus grand soin ; le dressage sera fait, autant que possible, à chaud, à la sortie des cylindres; s'il y a lieu d'opérer à froid pour le rendre parfait, l'opération sera exécutée sans percussion, au moyen de vis de serrage, par pression graduée.

Toutes les surfaces devront être nettes et unies.

Tous les rails seront coupés aux deux bouts par un moyen mécanique, agréé par l'ingénieur en chef de la Compagnie. Les bavures seront enlevées avec soin à la lime ou au ciseau; les plans des sections seront parfaitement d'équerre sur l'axe des rails, on ne devra, dans aucun cas, les parer au marteau.

Il est expressément interdit de réchauffer aucune partie des rails, après le laminage, soit pour abattre les bouts, soit pour tout autre motif, hors le cas de dérangement momentané de la machine à couper les bouts, et pendant le temps strictement nécessaire pour la remettre en service.

Toutes réparations de criques, pailles, etc., soit à froid, soit à chaud, sont complétement interdites.

Art. 9. — *Perçage des trous et entailles dans la patte.* — Chaque extrémité des rails sera percée dans l'axe de deux trous, dont les dimensions et les

positions seront déterminées par un tracé remis au fournisseur. Il sera en outre pratiqué dans la patte du rail et à chaque extrémité deux petites entailles de forme rectangulaire, dont la position sera également indiquée par un tracé qui sera remis au fournisseur.

Ces trous et entailles pourront être obtenus par tel procédé, au choix du fournisseur, mais qui, toutefois, devra être agréé par l'ingénieur en chef de la Compagnie. Les entailles et les trous seront parfaitement ébarbés; ces derniers devront être cylindriques.

Si la distribution et les dimensions des trous et entailles ne sont pas conformes au tracé remis au fournisseur, les rails seront refusés.

Art. 10. — *Vérifications, Épreuves.* — Les rails seront classés avec soin dans l'usine, en séries provenant de la fabrication d'un ou de plusieurs jours. Les agents préposés à la réception choisiront, dans chaque série, un certain nombre de barres (une pour cent au plus), pour les soumettre aux épreuves suivantes :

Première épreuve. — Chacun de ces rails, placé de champ sur deux points d'appui espacés de un mètre dix centimètres ($1^m,10$), devra supporter, pendant cinq minutes, au milieu de l'intervalle des points d'appui, une pression de douze mille kilog. ($12,000^k$), sans conserver de flèche sensible après l'épreuve.

Deuxième épreuve. — La même barre, dans la même position, supportera pendant cinq minutes, sans se rompre, une charge de trente mille kilog. ($30,000^k$), on pourra augmenter ensuite la pression jusqu'à la rupture

Troisième épreuve. — Chacune des deux moitiés de barre cassée, placée de champ sur deux supports espacés de un mètre dix centimètres ($1^m,10$), devra supporter sans se rompre le choc d'un mouton de trois cents kilog. (300^k), tombant de deux mètres de hauteur sur la barre, au milieu de l'intervalle des points d'appui Pour cette épreuve, les deux supports seront en fonte, et reposeront, par l'intermédiaire d'un châssis en bois de chêne, sur un massif de maçonnerie d'un mètre d'épaisseur au moins, établi sur un terrain solide.

Si l'une des barres essayées ne résiste pas aux épreuves, on les continuera sur un plus grand nombre de barres, et si plus du dixième des barres essayées ne résiste pas, la série entière dont proviennent ces rails sera rebutée.

Art. 11. — *Réception provisoire.* — La réception provisoire sera faite à l'usine par un ou plusieurs agents de la Compagnie. Elle aura lieu au fur et à mesure de la fabrication, et elle aura pour objet de trier, peser et poinçonner toutes les barres satisfaisant aux conditions stipulées.

Jusqu'au moment de la réception, les rails devront être conservés en lieu sec, et préservés, autant que possible, de l'oxydation.

Les barres reçues seront poinçonnées à leurs deux extrémités; elles porteront, en outre, la marque de l'usine, ainsi qu'il est dit à l'art. 5.

Dans le cas où la marque ne serait pas bien venue au laminage, elle devra être refaite à froid d'une manière bien visible.

Les barres rebutées devront être cassées ou marquées d'un signe très-visible et indélébile, afin qu'elles ne puissent plus être représentées à la réception.

L'usine devra faire établir à ses frais, sur les indications qui lui seront données par l'ingénieur en chef de la Compagnie, s'il y a lieu, les appareils nécessaires pour faire la réception des rails, et pour opérer les épreuves prescrites.

Les mains-d'œuvre relatives à la réception et aux épreuves seront à la charge du fabricant.

Les procès-verbaux de réception seront dressés, autant que possible, chaque jour, au fur et à mesure de la fabrication, et régularisés à la fin de chaque mois.

Art. 12. — *Propriété des rails après la réception provisoire.* — Les rails poinçonnés et compris dans les procès-verbaux de réception à l'usine seront, par le fait de la réception à l'usine, propriété incontestable de la Compagnie.

Art. 13. — *Délai de garantie.* — La compagnie du Nord n'entend recevoir que des rails pouvant faire un service de deux ans, sans aucune détérioration sur les parties de son réseau, comprises entre Saint-Denis et Creil, par Pontoise et Chantilly; Creil et Amiens; Amiens et Lille; Valenciennes, Creil et Erquelines.

Elle s'assurera, par une expérience partielle, que cette condition est remplie.

Le fournisseur s'engage en conséquence à subir sur le prix stipulé au marché, et pour l'ensemble de la fourniture, une réduction proportionnée au nombre de rails qui ne résisteraient pas à l'épreuve faite dans les conditions suivantes :

Dix pour cent au moins de la fourniture, pris à divers moments de la fabrication, au choix de la Compagnie, seront placés par elle sur la partie du réseau indiquée ci-dessus; il sera immédiatement donné avis au fournisseur de l'emplacement et de la date de cette pose. A l'expiration des deux années de service, on établira contradictoirement la proportion des rails avariés, c'est-à-dire ayant un commencement de détérioration, comme écrasement, défaut de soudure, exfoliation, rupture, etc.; cette proportion sera appliquée à l'ensemble de la fourniture, et servira à déterminer la quantité de tonnes passibles de l'indemnité, que tout ou partie seulement de la fourniture ait été mise en service.

Le taux de l'indemnité est fixé au marché, de manière à représenter la différence de valeur entre une tonne de rails neufs et une tonne de rails hors de service, y compris les frais de transport et autres résultant du remplacement des rails avariés, les rails auxquels l'indemnité se rapporte restant d'ailleurs la propriété de la Compagnie.

La Compagnie sera libre de commencer son essai quand bon lui semblera; toutefois, le règlement de l'indemnité devra avoir lieu, au plus tard, deux ans après l'achèvement des livraisons faites à l'usine, que la voie d'essai ait ou non ses deux ans de service.

Art. 14. — *Réception définitive.* — La responsabilité du fournisseur ne cessera que par la réception définitive qui sera précédée de la reconnaissance contradictoire indiquée à l'article précédent. Cette reconnaissance devra être provoquée par le fournisseur, et les résultats en seront valables, à la condition d'avoir été constatés moins d'un mois après la requête du fournisseur, lors même que la voie d'essai aurait plus de deux ans de service.

Art. 15. — *Surveillance à l'atelier du fournisseur.* — Le fournisseur devra donner la libre entrée de ses ateliers à l'ingénieur de la Compagnie ou à ses agents, qui pourront y rester tout le temps de la fabrication, et auxquels il sera permis d'exercer de jour et de nuit la surveillance, et de faire les vérifications nécessaires pour reconnaître si toutes les conditions du présent cahier des charges sont exactement remplies, sous le rapport de la bonne qualité et de la résistance des matières et de la bonne fabrication des rails. Il est entendu que les observations que les agents de la Compagnie pourront avoir à faire devront être adressées au directeur de l'usine et non aux ouvriers.

Art. 16. — *Responsabilité du fournisseur.* — La surveillance exercée par l'ingénieur de la Compagnie ou par ses agents à l'usine du fournisseur, les vérifications et épreuves, les réceptions partielles des rails fabriqués, n'auront, dans aucun cas, pour effet de diminuer la responsabilité du fournisseur, qui restera pleine et entière jusqu'à l'expiration du délai de garantie prévu à l'art. 13.

Art. 17. — *Interdiction de céder.* — Il est formellement interdit aux fournisseurs de céder à un autre fournisseur, ou de faire fabriquer dans une usine autre que la sienne, une portion quelconque de la fourniture faisant l'objet du présent cahier des charges, à moins du consentement exprès, formel et écrit de la Compagnie.

Art. 18. — *Dérogation au cahier des charges.* — Aucune dérogation au présent cahier des charges ne sera admise que si elle est prescrite ou autorisée par un ordre écrit de l'ingénieur en chef de la Compagnie, que le fournisseur devra représenter à toute réquisition.

Art. 19. — *Jugement des contestations.* — Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et le fournisseur, au sujet de l'exécution du présent cahier des charges, seront jugées par le Tribunal de commerce de la Seine.

CHEMIN DE FER DU NORD

CAHIER DES CHARGES

POUR LA FOURNITURE DE TRAVERSES DE FORME ORDINAIRE EN CHÊNE NON PRÉPARÉ ET EN BOIS DE HÊTRE PRÉPARÉ AU SULFATE DE CUIVRE, SOIT PAR LE PROCÉDÉ BOUCHERIE, SOIT PAR LE PROCÉDÉ EN VASE CLOS

ARTICLE PREMIER. — *Objet de la fourniture.* — Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture de traverses ordinaires pour la pose et l'entretien des voies des lignes concédées à la Compagnie.

ART. 2. — *Essence de bois à fournir.* — Les bois seront d'essence de chêne non préparé ou d'essence de hêtre préparé au sulfate de cuivre, soit par le procédé de M. le docteur Boucherie, soit par le procédé en vase clos.

ART. 3. — *Formes et dimensions des traverses en chêne.* — Les traverses en bois de chêne à fournir auront une section rectangulaire et seront dressées à la scie sur les quatre faces. On pourra néanmoins admettre par tolérance le dressage à la hache pour les faces latérales.

Ces traverses devront satisfaire aux conditions suivantes :

1° La face inférieure aura les deux arêtes vives sans aubier et sans flâches ;

2° Les deux faces latérales devront présenter le bois de cœur à nu sur une hauteur minimum de cinq centimètres (0^m,05).

3° La face supérieure qui doit recevoir le coussinet sera dépourvue, dans son milieu, d'aubier sur une largeur d'au moins onze centimètres (0^m,11).

Dans tous les cas, l'épaisseur de l'aubier et des flâches réunies ne devra pas dépasser quarante millimètres (0^m,040).

La longueur des traverses variera entre deux mètres cinquante centimètres (2^m,50) et deux mètres soixante centimètres (2^m,60).

Les cinq sixièmes (5/6) au moins des traverses en chêne à fournir auront vingt-quatre à trente centimètres (0^m,24 à 0^m,30) de largeur sur douze à quatorze centimètres (0^m,12 à 0^m,14) d'épaisseur (coupes n°s 1 et 2).

On admettra seulement jusqu'à concurrence de un sixième (1/6e) les traverses qui n'auront que vingt-deux à vingt-trois centimètres (0^m,22 à 0^m,23) de largeur (coupe n° 3).

ART. 4. — *Formes et dimensions des traverses en bois de hêtre préparé au sulfate de cuivre.* — Les traverses en bois de hêtre préparé au sulfate de cuivre pourront avoir les formes rectangulaires et les dimensions indiquées ci-dessus pour les traverses en chêne.

Les conditions de tolérance des flâches pour ces traverses seront les mêmes que pour l'aubier et les flâches réunies dans les traverses en chêne.

On admettra, en outre, pour les bois préparés :

1° Les traverses ayant une section demi-circulaire provenant d'une bille divisée en deux parties égales ;

2° Les traverses avec deux faces de sciage et une face circulaire ;

3° Les traverses intermédiaires ayant trois faces de sciage et une face circulaire, avec le centre dans le corps de la traverse.

La longueur des traverses préparées pourra varier, comme pour celles non préparées, entre deux mètres cinquante centimètres et deux mètres soixante centimètres (2m,50 et 2m,60).

La section des bois demi-ronds (n° 1) aura treize à seize centimètres (0m,13 à 0m,16) de rayon.

Les traverses à deux faces de sciage et une face circulaire auront vingt-six à trente-deux centimètres (0m,26 à 0m,32) de largeur à la base et treize à seize centimètres (0m,13 à 0m,16) d'épaisseur. La partie la plus épaisse de ces traverses devra se trouver à dix centimètres (0m,10) au moins de la face latérale sciée.

Les traverses à trois faces de sciage et une face circulaire auront une épaisseur de douze à quatorze centimètres (0m,12 à 0m,14); la largeur de ces traverses sera de vingt-deux à trente centimètres (0m,22 à 0m,30) à la face inférieure et à la face supérieure.

Les traverses ayant seulement une largeur à la base de vingt-deux à vingt-trois centimètres (0m,22 à 0m,23) ne seront admises que dans une proportion de quatre pour cent (4 p. 100) sur l'ensemble des traverses en bois préparés à fournir.

ART. 5. — *Courbure des bois et affranchissement des extrémités.* — Les traverses seront sensiblement droites; on tolérera seulement une courbure telle que la flèche soit un vingtième (1/20e) de la longueur.

Les extrémités de toutes les traverses seront terminées par une section perpendiculaire à la longueur.

ART. 6. — *Qualité des bois.* — Les bois de chêne ou de hêtre devront être parfaitement sains et de la meilleure qualité. Ils ne seront ni gras, ni roulés, ni gélifs, ni échauffés, ni piqués. Ils seront exempts de pourriture, malandres, fentes, gerçures, nœuds vicieux et tous autres défauts.

Tous les bois seront entièrement dépouillés de leur écorce.

Le bois de chêne sera dur et à fibres très-serrées. On rejettera celui qui proviendrait de terrains gras et humides. A cet égard, le fournisseur donnera avis à l'ingénieur en chef de la Compagnie de la provenance des bois à livrer ; celui-ci aura le droit de prononcer les exclusions qu'il jugera convenables.

ART. 7. — *Mode de préparation des traverses en hêtre. Conditions communes aux deux procédés admis.* — Les bois de hêtre ne seront admis

qu'après avoir été préparés au sulfate de cuivre, soit par le procédé de M. le docteur Boucherie, soit par le procédé en vase clos.

Le sulfate de cuivre à employer devra être de première qualité et être introduit dans les bois de telle sorte que les parties les moins bien préparées en contiennent au moins une proportion de cinq kilogrammes cinq cents gr. (5^k,500) par stère. Il sera dissous dans la proportion d'au moins un kilogr. cinq cents gr. (1^k,500) par hectolitre d'eau, pour le procédé Boucherie. Pour le procédé en vase clos, le titre de la dissolution variera de 1 kilogr. 5 gr. à 2 kilogr. 5 gr. par hectolitre, suivant l'état de dessiccation des bois à préparer.

La pénétration des bois étant toujours imparfaite quand ils ont des vices, comme nœuds, fentes, ou autres défauts analogues, on sera très-sévère dans la réception et on rebutera tous les bois qui ne seront pas parfaitement sains ou qui, par une cause quelconque, n'auraient pas été entièrement pénétrés de sulfate de cuivre.

La préparation des traverses sera constatée au moyen d'un réactif composé de 90 grammes de cyanoferrure de potassium dissous dans un litre d'eau, qui sera étendu sur la surface des bois avec un pinceau. On ne réputera les bois comme bien préparés que lorsque le réactif donnera au bois une coloration rouge; la coloration simplement rosée sera réputée insuffisante.

L'ingénieur de la Compagnie aura d'ailleurs le droit de prescrire l'emploi de tous autres moyens d'épreuve qu'il jugerait convenables.

ART. 8. — *Conditions générales de la préparation en vase clos.* — La préparation des traverses en vase clos comprendra les opérations suivantes :

1° Après avoir introduit les bois dans le cylindre, l'air en sera expulsé par l'injection de la vapeur conformément à ce qui s'est fait en 1847 pour la préparation par le procédé Payn, des traverses destinées à la construction de la ligne de Creil à Saint-Quentin

2° A cette opération on fera succéder l'action d'un vide énergique, dont le maximum de tension ne dépassera pas six centimètres (0^m,06) de mercure. Ce vide sera maintenu dans l'appareil tout le temps qui sera nécessaire pour enlever au bois son excès d'humidité et permettre le dégagement des gaz qu'il renfermait.

3° Enfin, on remplira le cylindre de la dissolution dont la température ne devra pas être inférieure à cinquante degrés (50°), puis on la refoulera progressivement jusqu'à ce qu'elle atteigne une pression de douze (12) atmosphères si les agents de la Compagnie le jugent nécessaire. Cette pression sera maintenue à l'aide de pompes foulantes, jusqu'à ce que le bois soit pénétré à refus. — Dans tous les cas, cette opération ne durera jamais moins d'une demi-heure.

Les bois ne devront être préparés que suffisamment secs; on ne devra d'ailleurs introduire dans le cylindre que du bois bien sain, et ne contenant pas de parties ne prenant pas la préparation, comme le cœur, etc.

Pour constater les résultats du système de préparation en vase clos, dans chaque opération, il sera préparé deux traverses dites d'essai, dont l'une aura une longueur de cinq mètres dix centimètres (5m,10) au moins, et l'autre une épaisseur double de celle des traverses ordinaires. Ces traverses seront ensuite sciées, la première à deux mètres cinquante centimètres (2m,50) de chaque extrémité, de manière à obtenir un bout de dix centimètres (0m,10) de long que gardera l'agent réceptionnaire; la seconde, par le milieu de son épaisseur. On vérifiera si ces pièces sont entièrement préparées, et dans le cas affirmatif on procédera à la réception ordinaire. Si, au contraire, elles présentent des parties non préparées, toutes les traverses seront refusées comme étant incomplètement préparées.

Toutefois, ces traverses ne seront pas refusées définitivement ; elles pourront être préparées de nouveau avec d'autres traverses d'essai.

Un carnet d'attachement sera tenu par l'agent chargé de surveiller la préparation. Il constatera pour chaque opération :

1° La durée du passage de la vapeur dans le cylindre ;

2° La durée et le degré du vide obtenu ;

3° La durée de l'introduction du liquide et sa température ;

4° La durée de la pression avec le nombre d'atmosphères qu'elle aura atteint ainsi que les fluctuations qu'elle subit jusqu'à la fin de l'opération ;

5° Enfin, on constatera le poids des traverses d'essai avant et après l'opération.

Surveillance de la préparation des bois. — La Compagnie aura le droit de faire surveiller toutes les opérations relatives à l'injection des bois pour traverses en hêtre, afin de s'assurer du bon emploi des procédés de préparation.

Toutes les expériences que la Compagnie fera, pour reconnaître si le sulfate est de bonne qualité et si la pénétration des bois est complète, seront à la charge de l'entrepreneur.

ART. 9 — *Réception provisoire et mesurage des bois.* — La réception provisoire des bois sera faite sur les lieux de livraison par les soins d'un agent de la Compagnie désigné par l'ingénieur en chef.

Toutes les traverses seront examinées et mesurées avec le plus grand soin ; celles admises recevront une marque à l'une de leurs extrémités.

Les bois reçus seront chargées sur wagons, si la Compagnie peut en mettre à la disposition des fournisseurs aussitôt après la réception ; dans le cas contraire, ils seront empilés avec soin sur les points qui seront désignés, et les fournisseurs seront alors dispensés d'en faire le chargement.

Les bois rebutés recevront une marque aux points de pose des coussinets et seront empilés avec soin sur les emplacements spéciaux qui seront indiqués aux fournisseurs. Ces bois ne seront enlevés qu'avec l'autorisation de l'ingénieur en chef de la Compagnie qui pourra les retenir jusqu'à ce que la fourniture soit complète, notamment pour qu'on ne présente pas de nouveau à la réception des bois rebutés.

Le mesurage sera fait de cinq en cinq centimètres pour les longueurs, de centimètre en centimètre pour les largeurs et de demi-centimètre en demi-centimètre pour les épaisseurs. Toute fraction de cinq centimètres pour les longueurs, de centimètre pour les largeurs et de demi-centimètre pour les épaisseurs ne sera pas comptée.

Toutes les pièces qui auraient une, ou, à plus forte raison, deux dimensions inférieures à celles qui sont indiquées comme minimum, seront refusées. Celles qui auraient des dimensions supérieures à celles indiquées comme maximum pourront être admises, mais sans qu'il soit tenu aucun compte de l'excédant.

Le cube moyen des traverses ne pourra pas être inférieur à celui qui résulte des dimensions supérieures et inférieures, pour chaque catégorie de bois, soit approximativement 0m,087 pour les traverses en hêtre et 0m,088 pour celles en chêne ; en cas d'insuffisance, on mettra au rebut un certain nombre de pièces reçues dans les plus faibles dimensions et le fournisseur sera tenu de les remplacer par des bois plus forts, de manière à satisfaire à la condition stipulée.

ART. 10. — *Lieux de livraison et de réception.* — Tous les bois seront livrés et reçus sur les lieux de dépôt fixés par l'ingénieur en chef de la Compagnie.

Tous les frais de transport, de chargement ou de déchargement, de classement, d'empilement et en général tous les frais quelconques de réception, seront à la charge du fournisseur.

On classera séparément les bois de chêne et les bois de hêtre préparés.

ART. 11. — *Garantie des fournitures.* — La réception définitive des fournitures ne pourra avoir lieu que six mois après qu'elles auront été complétées.

Jusqu'à la réception définitive, la Compagnie conservera le droit de rebuter les traverses ayant des défauts qui auraient échappé à la réception provisoire ou qui se fendraient par suite de la mauvaise qualité des bois.

Les traverses reconnues défectueuses seront rendues sur le lieu de livraison au fournisseur, qui devra en tenir compte au prix de la fourniture, ou les remplacer, si la Compagnie l'exige.

ART. 12. — *Payement des fournitures.* — Les fournitures seront payées sur le vu des procès-verbaux de réception provisoire, au fur et à mesure des livraisons qui seront faites, jusqu'à concurrence des neuf dixièmes (9/10e) du montant des fournitures.

Le dernier dixième (1/10) formera une retenue de garantie qui ne sera soldée qu'après l'expiration du délai prévu à l'article précédent. L'ingénieur en chef pourra, s'il le juge convenable, faire cesser de croître cette retenue lorsqu'elle aura atteint le chiffre de vingt mille francs (20,000 fr.).

Dans les cas où les réceptions auraient éprouvé des retards, il pourra être payé des à-compte sur les traverses approvisionnées aux lieux de livraisons et non encore reçues jusqu'à concurrence des trois cinquièmes (3/5e) de leur valeur.

Art. 13. — *Dérogation aux clauses et conditions générales des entreprises.* — L'entrepreneur sera soumis, sauf les modifications ou dérogations qui pourraient résulter du présent cahier des charges, aux clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs des travaux pour le compte de la Compagnie du chemin de fer du Nord, dressées le 8 novembre 1863, par l'ingénieur en chef des ponts et chaussées chargé des travaux et de la surveillance, et approuvées le 10 du même mois par le comité de direction de ladite Compagnie.

Aucune dérogation au présent cahier des charges et au cahier des clauses et conditions générales ne sera admise que si elle est prescrite ou autorisée par un ordre écrit de l'ingénieur en chef de la Compagnie, que l'entrepreneur devra représenter à toute réquisition.

Art. 14. — *Jugement des contestations.* — Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et le fournisseur au sujet de l'exécution du présent cahier des charges seront jugées par le Tribunal de commerce de la Seine

Art. 15. — *Timbre et enregistrement.* — Les droits de timbre du présent seront à la charge de l'entrepreneur ainsi qu'il est spécifié dans le marché auquel il doit être joint.

CHEMIN DE FER DU NORD

CAHIER DES CHARGES

POUR LA FOURNITURE DE TIRE-FOND POUR POSE DE VOIE EN RAILS VIGNOLES.

Article premier. — *Objet du cahier des charges.* — Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture de tire-fond en fer pour pose de voie en rails Vignoles.

Art. 2 — *Formes et dimensions des pièces.* — Les tire-fond seront exactement conformes aux spécimens qui seront remis aux fournisseurs.

Si, en cours d'exécution, la Compagnie jugeait convenable de modifier la forme des pièces, le constructeur serait obligé de régler la fabrication d'après les nouveaux dessins ou spécimens qui lui seraient remis; mais la Compagnie serait tenue de recevoir les pièces, exécutées d'après les premiers spécimens.

Art. 3. — *Poids des pièces.* — Le poids des tire-fond résultera des spécimens remis au fournisseur par l'ingénieur en chef. Il sera constaté sur des pièces de la première fabrication, de formes rigoureusement exactes. Il sera accordé sur ce poids, dans les réceptions, une tolérance de deux pour cent (2 p. 100) en plus ou en moins, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids normal de plus de un pour cent (1 p. 100).

Dans cette limite de tolérance et au-dessous, les pièces seront payées d'après leur poids réel; au-dessus, l'excédant de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Les pièces, en dehors des limites ci-dessus, par défaut ou excès de poids, pourront être refusées, si l'ingénieur en chef de la Compagnie le juge convenable.

Art. 4. — *Qualité des fers.* — Les tire-fond seront en fer de première qualité, non cassants à froid. Ce fer devra pouvoir être plié à quarante-cinq degrés (45°) et redressé à froid sans éprouver la moindre altération.

Art. 5 — *Conditions de fabrication.* — Les tire-fond seront fabriqués avec le plus grand soin et parfaitement calibrés. Les têtes seront refoulées dans la masse et non rapportées; elles seront nettes et sans bavures.

Le filetage sera net, soigné et bien uniforme ; il sera fait sur une longueur utile au moins égale à celle des spécimens remis au constructeur. Les tire-fond dont le filet serait égrené seront rebutés.

Le pas de vis sera celui des spécimens.

Art. 6. — *Marque de fabrique.* — Les tire-fond porteront sur la tête une marque de fabrique acceptée par l'ingénieur de la Compagnie.

Art 7. — *Vérifications des dimensions et épreuves pour reconnaître la qualité du fer* — La Compagnie du chemin de fer du Nord aura le droit de faire les épreuves dont le détail suit :

Pour vérifier le diamètre des tire-fonds, on se servira d'un gabarit percé de deux trous dont les dimensions transversales auront entre elles une différence de un demi-millimètre ($0^m,0005$) Tout tire-fond qui n'entrera pas jusqu'à la tête dans le plus grand et qui entrera dans le plus petit sera refusé.

Les épreuves pour reconnaître la qualité des fers seront de deux espèces :

1° On prendra, dans les barres de fer destinées à la fabrication des tire-fond, des bouts de quinze centimètres ($0^m,15$), que l'on enfoncera verticalement dans un bloc de chêne jusqu'à moitié de la longueur, on les frappera ensuite latéralement dans leur partie supérieure, de manière à leur faire faire un angle de 45° avec la verticale. La pièce sera ensuite retirée du trou et redressée à froid.

Lorsqu'un dixième des bouts soumis à cette épreuve aura cassé, ou présentera des criques ou autres détériorations, l'approvisionnement essayé ne pourra pas servir à la fabrication des tire-fond ;

2° Dans la deuxième épreuve qui sera faite sur les tire-fond fabriqués, on courbera les pièces à froid sur une enclume, jusqu'à rupture, pour s'assurer que le fer n'est pas cassant et qu'il présente une contexture convenable.

Si les résultats n'étaient pas satisfaisants pour un dixième des pièces essayées, la fourniture entière soumise à la réception serait rebutée.

Le nombre d'essais à faire sera déterminé par l'ingénieur de la Compagnie dans chaque cas particulier.

Art. 8. — *Réception provisoire.* — La réception provisoire sera faite dans l'usine par un ou plusieurs agents de la Compagnie.

Il sera dressé procès-verbal constatant la réception provisoire des pièces reconnues admissibles.

A mesure des réceptions, les pièces devront être pesées et emballées par lots de trois cents (300), dans de petits barils en bon état, solidement cerclés, sur lesquels on indiquera, avec de la peinture à l'huile, un numéro particulier, le nombre et le poids des tire-fond contenus. Cette opération, faite en présence de l'agent de la Compagnie, sera relatée dans le procès-verbal.

Chaque procès-verbal comprendra un nombre exact de barils et désignera leur numéro.

Pour constater la réception provisoire, chaque baril sera ficelé et plombé à la marque de la Compagnie du chemin de fer du Nord. Par le seul fait de l'application de cette marque, les tire-fond deviendront propriété de la Compagnie.

Art. 9. — *Conditionnement des barils.* — Jusqu'au moment de leur expé-

dition, les barils devront être conservés en lieux secs. Ils devront être remis aux lieux de livraison en bon état de conditionnement, et avec les plombs intacts. Les tire-fond des barils ouverts ou sans plomb seront soumis à une nouvelle réception et remis en tonneaux aux frais, risques et périls de l'entrepreneur.

Art. 10. — *Transports.* — Tous les transports qui auront lieu sur les lignes actuellement en exploitation de la Compagnie du chemin de fer du Nord seront à la charge de cette Compagnie, qui fera également le chargement sur wagons et le déchargement.

Le transport en dehors de ces lignes, les chargements et déchargements qui en sont la conséquence seront à la charge du constructeur.

Art. 11. — *Garantie du fournisseur.* — Le fournisseur garantit les pièces pendant deux ans à partir de l'achèvement des livraisons, et devra remplacer dans un délai d'un mois toutes celles qui auront cassé, soit à la pose, soit en service.

Il suffira de rendre au fabricant la tête d'un tire-fond pour que le remplacement soit obligatoire. Si la Compagnie le jugeait convenable, les pièces mises ainsi hors de service ne seraient pas remplacées, et donneraient lieu, dans ce cas, à une réduction de compte, d'après le poids total de ces pièces, calculé sur la moyenne.

Art. 12 — *Réception définitive.* — La réception définitive ne sera prononcée qu'après l'expiration du délai de garantie. Elle sera reculée au delà de ce terme de tous les retards apportés par le fournisseur à remplacer les pièces défectueuses.

Art. 13. — *Surveillance à l'usine de la fabrication des matières.* — Le constructeur devra faire réserver pour un agent de la Compagnie le droit de suivre la fabrication des matières aux usines où il les aura commandées.

Cet agent pourra procéder aux épreuves qu'il jugera convenables et refuser toute pièce qui serait défectueuse, sous le rapport de la qualité et de la fabrication.

Surveillance à l'atelier du constructeur. — Le fournisseur devra, en outre, donner la libre entrée de ses ateliers à l'ingénieur de la Compagnie, ou à ses agents qui pourront y rester tout le temps de la fabrication et pourront y procéder, aux frais du fournisseur, aux épreuves, essais et vérifications nécessaires pour s'assurer que les clauses du présent cahier des charges sont exactement remplies, sous le rapport de la bonne qualité et de la résistance des matières et de la bonne exécution du travail.

Art. 14. — *Responsabilité de l'entrepreneur.* — La surveillance exercée par l'ingénieur de la Compagnie ou par ses agents dans l'usine de la fabrication des matières et dans son atelier, les vérifications et épreuves, les réceptions provisoires des fers et des pièces fabriquées, n'auront, dans aucun cas, pour effet, de diminuer la responsabilité du constructeur, qui restera pleine et entière jusqu'à l'expiration du délai de garantie.

Art. 15. — *Cas de force majeure.* — Ne sont pas compris dans les cas de force majeure les difficultés de transport et de charrois, les détériorations, quelles qu'elles soient, par suite des accidents de route ou de la violence des eaux et autres circonstances qu'une surveillance active et une bonne direction de l'entreprise peuvent prévenir et empêcher.

Art. 16. — *Interdiction de céder.* — Il est formellement interdit au constructeur de céder à un autre constructeur, ou de faire confectionner dans une usine autre que la sienne une partie quelconque des travaux faisant l'objet du présent cahier des charges, à moins du consentement exprès, formel et par écrit de la Compagnie.

Art. 17 — *Jugement des contestations.* — Les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et l'entrepreneur au sujet de l'exécution du présent cahier des charges seront jugées par le Tribunal de commerce de la Seine.

Art. 18. — *Enregistrement.* — L'enregistrement du présent sera à la charge de celle des parties qui l'aura rendu nécessaire.

PRIX

DU MÈTRE CARRÉ DES BATIMENTS DE PLUSIEURS CHEMINS DE FER.

Chemin de fer du Nord.

Bâtiments à 1 étage	260 fr.	»
Bâtiments à rez-de-chaussée	160	»
Halles de marchandises	55	»
Quais découverts	8	»
Remises de voitures	60	»
Par voiture	1,650	»
Dépôts de locomotives, par machine	12,000	»

Gare de Clermont-Ferrand.

Bâtiments à 1 étage	213 fr.	»
Bâtiments à rez-de-chaussée	113	»
Bâtiments des voyageurs, en moyenne	126	»
Halle couverte	57	25
Trottoirs	8	76
Halle aux marchandises	61	58
Quais découverts	9	30
Remises de voitures	46	65
Par voiture	1,370	»
Dépôt des locomotives	66	13
Par machine	12,476	»

Gare de Saint-Germain-des-Fossés.

Halle aux marchandises	65 fr.	»
Remises des voitures	73	»
Par voiture	2,191	»
Dépôt des locomotives, par machine	14,000	»

Gare du Guétin.

Remise des voitures, par voiture	1,437 fr.	»
Dépôt des locomotives, par machine	12,000	»

Stations d'Alsace (3e classe).

Brumath, Vendenheim, Hochfelden, etc.

Les bâtiments, en moyenne	149 fr.	»

Tout en maçonnerie et belle pierre de taille.

Gare de Limoges.

Estimation :

Halle couverte	60 fr.	»
Trottoirs des voyageurs	16	»
Halles aux marchandises	61	»
Quais découverts des marchandises	8	»
Remises des voitures	60	»
Dépôt des locomotives, par machine	10,000	»

(Extrait des nouvelles annales de la construction.)

TABLEAU

DES PRIX APPROXIMATIFS D'ÉTABLISSEMENT PAR MÈTRE CARRÉ

NATURE DES CONSTRUCTIONS.	1er. GARES DE TÊTE DE LIGNE. PARIS et LA CHAPELLE.			2e. GARES D'EMBRANCHEMENT PRINCIPAL. AMIENS et LILLE.			3e. GARES DE TÊTE DE LIGNE. DUNKERQUE et CALAIS.		
	Surface.	Prix par mètre superficiel		Surface	Prix par mètre superficiel.		Surface.	Prix par mètre superficiel.	
	m	fr	c.	m.	fr.	c.	m.	fr.	c.
[1]Bâtiment principal des voyageurs / des employés. .	5000	300	»	5450	200	»	1300	200	»
[2]Halles couvertes.	6000	66	66	4200	71	43	1400	57	15
Marquises.	»	»		»	»		»	»	
[3]Halles à marchandises.	12600	55	55	6240	56	10	1360	68	80
[4]Latrines.	»	»		»	»		»	»	
[5]Dépôts compris ateliers et magasins.	14 278	126	10	4268	128	85	682	95	40
[5]Dépôts sans ateliers.	»	»		»	»		»	»	
[6]Remises de wagons avec ateliers de réparations. . .	10 000	50	»	3321	82	80	»	»	
[6]Remises de wagons sans ateliers.	»	»		»	»		»	45	»
Réservoirs.	160	200	»	160	200	»	160	200	»
Quais de voitures à 2 quais. . .	2000	8	»	2130	8		»	»	
Quais de voitures à 1 quai. . . .	»	»		»	»		1000	»	
Quais de voyageurs.	2200	8	»	2500	8		1000	»	

[1] Paris, Amiens, Calais, Creil, Arras, Douai, Compiègne, Chauny, Francouville, Saint-Just, Boves, Armentières.
[2] Lille, Calais, Douai, Saint-Quentin.
[3] La Chapelle, Lille, Dunkerque.
[4] Compiègne.
[5] La Chapelle, Amiens, Dunkerque, Noyon
[6] La Chapelle, Amiens, Dunkerque, Hazebrouck.

SYNOPTIQUE

DES STATIONS DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU NORD.

4e.		5e.		6e.		7e.	
STATIONS N° 1		STATIONS N° 2.		STATIONS N° 3.		STATIONS N° 4.	
CREIL, ARRAS, DOUAI.		Pontoise, Compiègne, Noyon, Chauny, Clermont, Breteuil, Albert, Saint-Omer.		Franconville, Beaumont, Pont-Sainte-Maxence, Saint-Just, Achiet, Armentières, Bergues, Andrieux, etc.		Thourotte, Apilly, Ourscamp, Boileux, Rauix, Vitry, Laforet, Peronchies, etc.	
Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.
m.	fr. c.	m.	fr. c.	m	fr. c.	m	fr. c.
680	150 »	145	172 »	102	100	84	100 »
	220 »	100	250 »	168	100	»	»
1000	55 »	»	»	»	»	»	»
»	»	210	47 60	105	47 60	»	»
880	56 80	520	57 70	320	62 50	»	»
40	250 »	36	139 »	30	83 »	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
375	93 33	187	96 25	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
375	83 33	187	53 45	»	»	»	»
130	200 »	130	200 »	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
1000	a	1000	a	»	»	»	»
1000	a	800	a	1150	a	1100	a

a. NOTA. Le prix moyen des quais pavés ou dallés est de 5 fr. par mètre.

NOTE

SUR LES PRIX DE REVIENT DE DIVERS BATIMENTS, HALLES COUVERTES DE VOYAGEURS, HALLES DE MARCHANDISES, ETC.

INDICATION DES BATIMENTS, ETC.	DIMENSIONS		SURFACES		PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS.
	Longueur	Largeur	Partielles	Totales	Partiels	Par mètre carré	
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	fr.	fr.	
Rotonde pour 14 locomotives, de 45m,00 de diamètre hors œuvre, à Epernay	»	»	»	1675 00	105 000	62 75	Y compris les fosses, mais sans pavage.
Id., à Nancy	»	»	»	*Id.*	90 000	53 73	*Id.*
Id., à Epernay	»	»	»	*Id.*	115 000	68 75	Y compris les fosses et le pavage
Id., à Nancy	»	»	»	*Id.*	100 000	61 50	*Id.*
Id., à Epernay	»	»	»	*Id.*	115 000	68 35	Avec plaques tournantes, voies de fer
Id., à Nancy	»	»	»	*Id.*	137 000	82 00	*Id.*
Nota. Dans les nouvelles rotondes à construire, on substituera aux colonnes en fonte à l'intérieur des poteaux en bois, et aux chéneaux des gouttières, ce qui apportera une réduction de 17 000 fr. sur la dépense totale, on aura donc, pour une rotonde à construire à Epernay, comprenant les plaques tournantes et les voies de fer					131 000	78 20	
Remise de locomotives en fer à cheval à la Villette . .	»	»	»	1801,00	75 000	40 70	Avec fosses et sans pavage
Diamètre extérieur 71m	»	»	»	*Id.*	87 000	46 00	Avec fosses et pavage
Diamètre intérieur 35m	»	»	»	»	137 000	90 00	Avec plaque et voies
Remise rectangulaire de locomotives à la Villette . .	23	19	»	440,00	30 000	68 00	Avec fosses et sans pavage.
					33 000	75 00	Avec fosses et pavage
					35 000	80 00	Avec fosses, pavage et voies de fer
					18 000	40 00	Sans fosses ni voies de fer
					25 000	57 00	Avec fosses, mais sans voies de fer
Remise pour 16 machines, à Blesmes	»	»	»	»	80 000	67 00	Avec fosses et voies de fer dans l'intérieur
					160 000	134 00	Avec fosses et voies de fer à l'intérieur et à l'extérieur, et plaque.
Remise de wagons à la Villette	»	»	»	»	»	55 00	Sans voies de fer
Bâtiment des voyageurs de la gare de Paris	»	»	»	4375,00	1 631 700	372 96	
Halle couverte de Paris	150	30 00	»	4500,00	270 000	60 00	
Id. de Strasbourg	102	34 00	»	3468 00	»	50 00	
Bâtiments des voyageurs, près Paris — Type n° 1 . . .	»	»	»	360,00	»	200 00	
Id. n° 2 . .	»	»	»	255 00	»	180 00	
Id. n° 3	»	»	»	213,00	»	175 00	
Id. n° 4	»	»	»	154,00	»	175 00	

INDICATION DES BATIMENTS, ETC.	DIMENSIONS Longueur.	Largeur.	SURFACES. Partielles.	Totales.	PRIX DE REVIENT. Partiels.	Par mètre carré.	OBSERVATIONS.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	fr.	fr.	
Lunéville	»	»	»	»	65 000	160 00	
Sarrebourg	»	»	»	»	43 000	162 00	
Commercy	»	»	»	»	27 000	102 00	
Varangeville	»	»	»	»	25 000	145 00	
Blainville	»	»	»	»	25 000	162 00	
Halle à marchandises. Type n° 1	5,50	17,50	»	96,25	»	32 00	Sans quai ni pavage.
Halle à marchandises. Id. n° 2	5,50	15,50	»	85,25	»		
Halle à marchandises. Id. n° 3	5,00	12,50	»	62,50	»	45 00	Avec quai et pavage.
Quai pour voyageurs	1,00	3,00 4,00	» »	a 3,00 4,00	» »	15 m c.	Le mètre courant avec le macadam en dépendant.
Quai pour marchandises	1,00	5,00 6,50 8,00	» » »	5,00 b 6,50 8,00	» » »	de 75 à 100 m c.	Le mètre courant avec le pavage en dépendant.
Pavillons de latrines. Type n° 1	8,20	4,50	»	37,00	»	Prix moyen 250 f.	
Pavillons de latrines. Id. n° 2	6,00	4,50	»	27,00	»		
Pavillons de latrines. Id. n° 3	3,00	3,00	»	9,00	»		
Maisons de garde. Type de l'État	8,00	5,70	»	45,60	4 000	87 70	Avec un second étage et cave.
Maisons de garde. Type n° 1	6,80 5 80	3,70 3,60	25,16 20,88	46,04	2 700	58 70	Dispositions spéciales, sans cave.
Maisons de garde. Id. n° 2	7 05 2,85	4,00 8,30	28,20 23,65	51,85	3 200	61 70	Dispositions spéciales, sans cave.
Maisons de garde. Id. n° 3	8,70 4,20	5,45 1,70	47,41 7,14	54,55	2 700	49 50	Avec un cellier et un four, sans cave.
Réservoir. rectangulaire	6,70	6,70	»	41,00	10 250	250 00	Pour les maçonneries et la couverture, y compris cheminée
Réservoir. circulaire	8,80	»	»	60,00	12 000	200 00	Pr les maçonneries, sans couverture ni cheminée.
Bâtiments divers des ateliers de la Villette.							
Grande remise de voitures avec fenêtres en fonte	»	»	»	6500,00	216 405	33 00	Sans pavage ni voies.
Bâtiments pour ateliers	100,00	14,00	»	1400,00	91 000	65 00	
Id. pour forges	50,00	10,00	»	500,00	22 500	45 00	
Id. pour logement de chef de dépôt	24,00	10,00	»	240,00	60 000	250 00	
Id. pour pavillon de concierge	»	»	»	48,00	12 000	250 00	
Bâtiments divers des ateliers d'Épernay.							
Remise de voitures	»	»	»	»	»	33 00	
Bâtiments pour forges	100,00	20,00	»	2000,00	91 000	47 00	
Id. de chaudronnerie	70,00	20,00	»	1400,00	63 000	45 00	
Id. pour atelier de montage	136,00 100,00	30,00 26,00	4080 2600	6680,00	»	43 00	Sans pavage ni voies.
Id. pour tours et ajustages	130,00	24,00	»	3120 00	140 000	45 00	Bâtiment primitif.
Deux pavillons avec magasin	40,00 40,00	24,00 24,00	960,00 960,00	1920,00	183 000	95 00	Avec un second étage, mais sans les distributions.
Pavillon de concierge	9,00	9,00	»	81,00	»	100 00	
Hangar pour magasin à bois	40,00	24,00	»	960,00	31 600	33 00	
Buffets. Type n° 1	»	»	»	350,00	56 000	160 00	
Buffets. Id. n° 2	»	»	»	280,00	42 000	150 00	

ab Ces prix seraient approximativement les mêmes pour une largeur un peu plus ou un peu moins grande. L'établissement des murs d'appui avec couronnement en pierre de taille, étant le même pour toutes les largeurs de quais, et formant la base de cette dépense de construction.

Pour se rendre un compte exact des prix donnés dans le tableau précédent, il est nécessaire de connaître les éléments de la série sur laquelle les travaux ont été exécutés.

Pour la rotonde d'Épernay, construite à peu près entièrement en meulière et pierre de taille, on a payé la maçonnerie de meulière de 20 à 21 francs le mètre cube ; la charpente en chêne, 112 fr. 50 c.; celle en sapin, 90 francs, les légers ouvrages de maçonnerie, 3 fr. 20 c. le mètre superficiel ; les colonnes en fonte, 50 francs le quintal métrique. La remise en fer à cheval de la Villette a été exécutée, en 1848, à des prix fort inférieurs. Elle n'a coûté réellement que 58,000 francs ; mais le prix de 75,000 francs[1] que nous avons indiqué est celui que nous avons trouvé en appliquant une série de prix semblable à celle d'Épernay ; le prix de cette remise est donc comparable à celui de la rotonde.

La remise rectangulaire de locomotives, à Blesme, a été construite à des prix de 6 à 7 pour 100 inférieurs à celui de la série d'Épernay.

Les bâtiments de la gare de Paris ont été exécutés sur des séries de prix différant peu de la série de prix indiquée pour les travaux de la remise en fer à cheval de la gare de Strasbourg.

Pour établir les devis des maisons de garde, construites en grande partie dans des pays où les matériaux s'obtiennent à bon marché, on a employé une série dont les prix sont sensiblement plus faibles que ceux de la série d'Épernay. Ainsi, dans cette série, le mètre cube de mur en moellons est estimé 13 fr. 80 c., le mètre cube de pierre de taille de roche, 55 fr. 20 c.; le mètre cube de charpente en chêne sans assemblage, 75 fr. 60 c.; de charpente en sapin assemblé, 55 fr. 20, le mètre superficiel de couverture en tuiles, 2 fr. 75 c.; le mètre superficiel de croisées en chêne, 8 fr. 50.

Pour les réservoirs, on trouvera plus loin un détail estimatif indiquant le prix élémentaire.

Les ateliers de la Villette ont été construits aux prix de la série Morel, pour 1853, pour la maçonnerie, diminués de 10 pour 100, et aux prix de la série d'Épernay pour la charpente.

Les prix de la série Morel ne diffèrent pas beaucoup des prix de la série d'Épernay ; la couverture en zinc, établie dans un moment où le zinc avait considérablement augmenté de prix, a coûté 7 fr. 50 le mètre superficiel.

Tous les bâtiments d'Épernay ont été exécutés aux prix de la série ci-dessus mentionnée.

Les matériaux se trouvant en grande abondance aux environs de Bar-le-Duc, la maçonnerie un buffet établi près de la station de cette ville a été exécutée à des prix très-faibles. C'est pourquoi on l'a construit presque entièrement en pierre de taille. A Château-Thierry, où les prix sont à peu près les mêmes qu'à Épernay, un buffet semblable à celui de Bar-le-Duc, établi en moellons, briques et pierres, coûterait 171 francs le mètre superficiel, au lieu de 157 francs.

Les bâtiments de stations ont généralement : 1° un bâtiment central composé d'un rez-de-chaussée élevé en partie sur cave et d'un premier étage sous comble, formant grenier au milieu; 2° de deux ailes élevées sur terre-plein, n'ayant qu'un rez-de-chaussée sous comble perdu. On compte que le bâtiment central coûte de 240 à 260 francs le mètre superficiel et les ailes de 130 à 175 francs; les prix des principaux ouvrages étant comptés comme suit :

Le mètre de briques pour massifs et murs, 45 francs; le mètre cube de moellons hourdé avec mortier de chaux et de sable, pour murs, 14 francs; le mètre cube de pierre de taille tendre, 60 francs; et de pierre dure, 90 francs; le mètre cube de bois de chêne assemblé brut pour planchers et pans de bois, 85 francs; de bois de sapin, 75 francs; le mètre superficiel de couverture en ardoise ou en tuile, de 5 fr. 75 à 4 francs; de couverture en zinc, n° 14, 6 fr ; les gros fers pour chaînes, tirants, harpons, etc , les 100 kilog. 55 francs La peinture à l'huile, une couche, le mètre superficiel, 30 centimes; huile, deux couches, 55 centimes; huile, trois couches 75 centimes.

BATIMENTS POUR RÉSERVOIRS

DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX A EXÉCUTER ET DES DÉPENSES A FAIRE POUR LA CONSTRUCTION D'UN BATIMENT POUR RÉSERVOIR.

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
1° *Terrassements.*				
Déblais.				
Bâtiment.	49,82	»	»	»
Cheminée.	4,84	»	»	»
Surface totale.	54,66	81,99	»	»
Profondeur commune	1,50			
Lesquels 81^{m},99 cubes à 0 fr. 80 compris enlèvement vaudront . .	»	»	»	65,60
2° *Maçonnerie.*				
Fondations.				
Beton. Surface égale à celle des déblais.	54,66	27,33	»	»
Epaisseur commune	0,50			
Lesquels 27^{m},33 de beton à 20 fr. le mètre vaudront.	»	»	546,60	»
Mur et massif de cheminée jusqu'au niveau du sol, maçonnerie en moellons et mortier hydraulique et sable :				
Murs.	16,80	»	»	»
Cheminée.	3,24	»	»	»
Surface totale	20,04	20,04	»	»
Epaisseur commune	1,00			
A déduire pour vide et brique réfractaire.	»	0,50	»	»
Reste à compter	»	19,54	»	»
Lesquels 19^{m},54 de moellons hourdés en mortier de chaux hydraulique et sable à 18 fr. le mètre vaudront.	»	»	351,72	»
A reporter.			898,32	65 60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Maçonnerie (suite).				
Report.	»	»	898,32	65,60
Pierre de roche pour soubassement, etc	15,27			
Hauteur commune	0,60	9,166	»	»
Bandeau développé	8,31			
Epaisseur commune	0,25	2,080	»	»
Bandeau supérieur de la cheminée.	»	0,686	»	»
Appuis	»	0,410	»	»
Tablette au pourtour de la cheminée.	»	0,396	»	»
Cube total de la pierre de roche	»	12,638	»	»
Lesquels 12m,638 de pierre à 100 fr. le mètre vaudront	»	»	1,263,80	»
Taille de la pierre de roche :				
Soubassement intérieur et extérieur.	30,90	»	»	»
Soubassement de la cheminée	4,81	»	»	»
Bandeau du bâtiment	5 74	»	»	»
Appuis	4,77	»	»	»
Bandeau inférieur de la cheminée.	2,96	»	»	»
Bandeau supérieur de la cheminée	4,60	»	»	»
Tablette supérieure de la cheminée.	3,23	»	»	»
Seuil	1,00	»	»	»
Surface	58,11	»	»	»
Lesquels 58m.11 de taille et ragréements a 6 fr. 50 vaudront	»	»	377,71	»
Plus-value pour évidements et déchets	»	»	100,00	»
Murs en élévation meulière ordinaire, hourdee en mortier de chaux et sable :				
Bâtiments, contre-forts et pieds-droits	7,36	»	»	»
Cheminée	1,93	»	»	»
	9,29			
Hauteur commune	1,00	9,29	»	»
Rechargement des bandeaux	»	1,40	»	»
Cube	»	10,69	»	»
A reporter	»	»	2,639,83	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE	DÉPENSES par OUVRAGE.
Maçonnerie (suite).				
Report.	»	»	2,639,85	65,60
Lesquels 10m,79 de meulière à 19 fr. 50 le mètre vaudront. . .	»	»	208,45	»
Moellons durs hourdés en mortier hydraulique :				
Partie comprise entre le soubassement et la grande archivolte sans déduction pour compenser les cintres des archivoltes . demi cercle de 2m,15 de diamètre, surface	»	9,750	»	»
Six faces compris entre l'entablement, reliant la partie supérieure des contre-forts à l'intrados de la grande archivolte	»	17,418	»	»
Couronnement réunissant les contre-forts.	»	7,480	»	»
Total de la maçonnerie de moellon hourdée en mortier hydraulique	»	34,64	»	»
Lesquels 35m,64 à 18 fr. vaudront.	»	»	623,52	»
Cheminée en briques de Bourgogne, revêtement intérieur en briques réfractaires jusqu'à 3m,35 de hauteur :				
Brique ordinaire	»	8.74	»	»
Les 8m,74 de briques ordinaires à 80 fr. le mètre vaudront.	»	»	699,20	»
Briques réfractaires.	»	2 52	»	»
Lesquels 2m,52 de briques a 12 fr. le mètre vaudront	»	»	302,40	»
Enduits en mortier hydraulique a gros grain				
Surface extérieure entre le soubassement et l'appui	10,57	»	»	»
Entre le bandeau et la partie supérieure des murs sans déduction de vides pour compensation des re-				
A reporter.	10.57	»	4.473,40	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE	DÉPENSES par OUVRAGE
Maçonnerie (suite).				
Report.	10,57	»	4,473,40	65,60
traites et joints de briques tirés au crochet.	72,00	»	»	»
Total	82,57	»	»	»
Lesquels 82^m,57 d'enduit à gros grain, mortier hydraulique, à 1 fr. 50 vaudront	»	»	123,85	»
Enduits évalués en légers, et pour plafonds.	49,29	»	»	»
Lesquels 49^m,23 d'enduits en léger à 3 fr. le mètre vaudront.	»	»	147,69	
Total de la maçonnerie.	»	»	4,744,94	4,744,94
3° *Charpente.*				
Bois de Chêne.				
Charpente des planchers au-dessous des réservoirs				
2 semelles placées sur la maçonnerie.	»	0,720	»	»
14 solives	»	3,010	»	»
16 soliveaux	»	0,396	»	»
2 solives d'angle	»	0,896	»	»
1 linçoir	»	0,021	»	»
Entourage du réservoir et comble :				
4 cours de sablière ensemble cubant.	»	0,549	»	»
4 cours de traverses formant pannes et recevant les arbalétriers, ensemble cubant	»	0,678	»	»
4 cours de traverses recevant le pied des poteaux extérieurs à la hauteur de l'encorbellement. ensemble cubant.	»	0,678	»	»
10 poteaux soutenant le comble et s'engageant sur les semelles . . .	»	0,562	»	»
20 aisseliers	»	0,360	»	»
2 *dito* faîtage.	»	0,045	»	»
A reporter.	»	7,915	»	4,810,54

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Charpente (suite).				
Report.	»	7,915	»	4,810,54
2 poinçons.	»	,164	»	»
Couronnement du poinçon	»	, 88	»	»
Total du chêne.	»	8,167	»	»
Lesquels 8m,167 de chêne refait à 120 fr. le mètre vaudront	»	»	980,04	»
Plus-value pour mouture de tourillon	»	»	60,00	»
Sapin du nord :				
4 arêtiers	»	0,269	»	»
6 arbalétriers	»	0 242	»	»
1 faîtage	»	0 072	»	»
2 cours de pannes	»	0 604	»	»
90 chevrons	»	1,382	»	»
Moises reliant les poteaux et poinçons formant entrait	»	595	»	»
		3,161	»	»
Lesquels 3m,164 de sapin à 100 fr. le mètre vaudront.	»	»	316,40	»
Total de la charpente	»	»	1,356,44	1,356,44
4° *Couverture.*				
Couverture en zinc n° 12 sur volige, 2 croupes triangulaires.	25,92	»	»	»
2 grandes faces.	50,46	»	»	»
Bourrelets	18,00	»	»	»
Total de la couverture	94,38	»	»	»
Lesquels 94m,38, superficiels de zinc n° 12, à 7 fr. 25 le mètre vaudront	»	»	684,25	684,25
5° *Menuiserie*				
1 porte pleine en chêne à deux vantaux de 0m,041 d'épaisseur, arrasée à deux parements, frise, moulure sur joints emboîtée avec clef Surface : 2m,25, à 14 fr. . . .	»	»	31,50	»
A reporter.			31,50	6,851,23

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Menuiserie (suite).				
Report.	»	»	31,50	6,851,23
1 dormant de 4^{m},50 courants à 1 fr 25 vaudra.	»	»	5,62	»
5 croisées et impostes circulaires en chêne, châssis 0^{m},034, dormant 0^{m},041 petits carreaux, mesurant 5^{m},95 superficiels à 10 fr., vaudront.	»	»	59,60	»
Plancher sous les réservoirs en frise chêne	53,76	»	»	»
Mesurant 53^{m},76 superficiels de plancher à 7 fr. 50 vaudront. . .	»	»	403,20	»
Entourage du réservoir :				
54 poteaux en chêne, 118^{m},80 à 2 fr. le mètre courant.	»	»	237,60	»
54 traverses hautes, chêne, ensemble 29^{m},00 à 2 fr. le mètre courant. .	»	»	58,00	»
54 traverses basses développant ensemble 29^{m},00 à 1 fr. 70 l'un. . .	»	»	49,30	»
Remplissage entre les poteaux, planches en sapin, moulures sur les arêtes	56,43	»	»	»
Mesurant 56^{m},43 superficiels à 4 fr. le mètre vaudront	»	»	225,72	»
Partie découpée cachant les abouts des solivaux de l'encorbellement -				
Ensemble 15^{m},60 à 6 fr. 80, compris découpures, vaudront. . . .	»	»	90,48	»
54 croix de Saint-André au-dessus, traverse haute des poteaux, chêne				
Ensemble 75^{m},60 à 1 fr. 40 le mètre courant vaudront.	»	»	105,84	»
54 parties de tringles devant le vitrage :				
Ensemble 86^{m},40 de tringles à 0 fr. 40 l'un vaudront.	»	»	34,56	»
8 châssis en bois pour donner de l'air	»	»	8,00	»
54 consoles pour l'encorbellement : 15^{m},12 superficiels à 17 fr. le mètre vaudront.	»	»	258,85	»
A reporter.	»	»	1,567,87	6,851,23

NATURE DES TRAVAUX.	QUANTITÉS	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Menuiserie (suite).				
Report.			1,667,87	6,851,23
Plus-value pour les 54 découpures à 0 fr. 50 l'une.	»	»	27,00	»
58 arcs-boutants en chêne sous l'égout du comble - 34m,80 à 2 fr le mètre courant vaudront. . . .	»	»	69,60	»
Plus-value pour refouillure et moulures des consoles.	»	»	25,00	»
Ensemble.	67,80	»	»	»
Lesquels 67m,80 de moulure à 2 fr. le mètre linéaire vaudront	»	»	135,60	»
Moulure au bas de l'encorbellement : Ensemble 31m,80 courant à 4 fr. 10 vaudront.	»	»	130,38	»
Total de la menuiserie	»	»	1,955,45	1,955,45
6e *Serrurerie.*				
Gros fer.				
4 chaînes et 8 ancres pesant	76,	»	»	»
Les 76 kil. de fer à 60 fr. les 100 kil. vaudront.	»	»	45,60	»
20 kil. boulons pour ferrures, moises, etc., à 1 fr.	»	»	20,00	»
25 kil. pointes pour fixer les chevrons, consoles, etc., à 1 fr . . .	»	»	25,00	»
16 tire-fonds pour l'assemblage des soliveaux, pesant 8 kil. à 1 fr. 20.	»	»	9,60	»
La ferrure d'une porte : 8 pattes, 6 paumelles, 1 battant de loquet, 1 crémone.	»	»	64,00	»
La ferrure de 4 croisées carrées à l'intérieur et formant archivolte à l'extérieur, 1 crémone :				
Total pour 1 fenêtre	9,50	»	»	»
Et pour les 4.	»	»	38,00	»
A reporter.	»	»	202,20	8,806,68

NATURE DES TRAVAUX.	QUANTITÉS.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE	DÉPENSES par OUVRAGE.
Serrurerie (suite).				
Report.	»	»	202,20	8,806,68
10 échelons pour monter au réservoir, pesant 40 kil. à 0 fr. 75 le kil., compris scellement	»	»	30,00	»
Agrafes pour la cheminée estimées.	»	»	76,06	»
Total de la serrurerie.	»	»	308,26	308,26
7° *Peinture.*				
Peinture à l'huile, 3 couches; la porte 2 faces compris le dormant.	»	5,44	»	»
Peinture de 4 croisées : même surface que la menuiserie	»	9,60	»	»
Les 4 faces extérieures du pourtour du reservoir compris épaisseur des poteaux, développant.	»	114,00	»	»
Consoles et encorbellement.	»	50,70	»	»
Soliveaux et dessous de la saillie. .	»	50,01	»	»
Abouts de chevrons.	»	10,80	»	»
Clochetons	»	4,00	»	»
Surface totale de la peinture	»	244,55	»	»
Lesquels 244^{m},55 superficiels de peinture à l'huile, 3 couches, compris le rebouchage, à 0 fr. 90 le mètre, vaudront	»	»	220,10	220,10
8° *Vitrerie.*				
4 croisées.	3,92	»	»	»
64 baies sous l'égout.	8,64	»	»	»
Surface totale.	12,56	»	»	»
Lesquels 12^{m},56 superficiels de vitrerie en verre blanc ordinaire, compris masticage à 5 fr. 50 le mètre, vaudront.	»	»	69,08	»
Total de la vitrerie.	»	»	69,08	69,08
Premier total	»	»	»	9,404,12

RÉCAPITULATION

DU MONTANT DES DÉPENSES.

1° Terrassements	65 60
2° Maçonnerie	4 744 94
3° Charpente	1 356 44
4° Couverture	684 25
5° Menuiserie	1 955 45
6° Serrurerie	308 26
7° Peinture	220 10
8° Vitrerie	69 08
Total égal	9 404 12
Somme à valoir pour dépenses imprévues	595 88
	10 000 00

PRIX DE REVIENT

DE MARQUISES POUR COUVERTURES DE TROTTOIRS (CHEMIN DE FER DE L'EST.)

Détail de la construction du spécimen établi à la gare de Paris

	kil.		fr.	fr.
2 colonnes en fonte de fer pesant ensemble.	220 »	à	45 »	99 »
8 consoles id. id.	71 »	à	50 »	35 50
1 ferme de 14 mètres de long sur 0m,50 de hauteur en doubles cornières de 0m,50m.d. de côté, potelets et diagonales boulonnés, les uns en fer méplat de 0m,01 sur 0m,03, les autres en fer de 0m,01 sur 0m,04, ladite ferme pesant.	390 »	à	» 70	273 »
8 fermettes de chaque 3m,72 de longueur sur 0m,27 de hauteur moyenne en doubles cornières de 0m,27 de côté, potelets et décharges boulonnés de 0m,005 sur 0m,020, lesdites pesant ensemble.	217 »	à	1 20	260 40
35 pannes en fer T de 0m,035 et 0m,04 et 21 cornières de 0m,027 de côté, chaque de 2 mètres de long, pesant ensemble. . . .	238 90	à	» 75	179 18
Pour fixer les consoles, 40 boulons de 0m,10 de long avec têtes et écroux, pesant ensemble.	5 »	à	1 40	7 »
Pour réunir les fermettes aux consoles, 32 boulons de 0m,04 avec têtes et écroux, pesant ensemble.	1 14	à	2 »	2 28
Pour attacher la couverture aux pannes, 98 pattes et 98 vis, et pour relier les pannes aux fermettes, 112 vis ensemble.	6 50	à	3 »	19 50
Le chéneau de 14 mètres de long en zinc nº 14 par feuilles de 2 mètres produisant, y compris recouvrements, 14m,40, un poids de.	83 38	à	1 40	116 73
Pour les jonctions des tôles composant ledit chéneau, 98 vis et écroux.	4 »	à	3 »	12 »
Pour fixer le chéneau à la cloison ou au mur, 60 vis	1 50	à	3 »	4 50
Le lambrequin en tôle ondulée de 0m,0005 d'épaisseur 16m,75 de longueur développée, y compris recouvrement sur 0m,40 de large, ensemble.	32 »	à	1 40	44 80
Pour réunir les feuilles composant ledit lambrequin et le fixer aux cornières, 133 vis et écroux, ensemble.	5 33	à	3 »	15 99
La couverture en zinc nº 14 ondulé 42 feuilles de chaque 2 mètres sur 0m,80, ensemble.	400 »	à	1 »	400 »
Peintures.				
Détail d'une travée de 14 mètres peinte en gris à l'huile 1 couche, et minium 1 couche. .				
4 cornières, chaque 14 mètres.	56 mètres			
28 décharges, chaque 0m,55.	15m,40			
A reporter.	71 40			1469 88

			fr.
Report.		71m,40	1469 68
28 montants, chaque 0m,50.		14 mètres.	
8 fumettes intermédiaires, détail d'une. . .			
4 cornières, chaque 3m,80.	15m,20		
13 décharges, chaque 0m,30, réduites.	3m,90		
14 montants, chaque 0m,22, réduits.	3m,08		
Produit pour une. . . .	22m,18		
et les 8 ensemble.		177 44	
8 consoles évaluées, chaque 2 mètres. . .		16 »	
8 cours de pannes, chaque 14 mètres. .		112 »	
Ensemble. . . .		39 84 à 0 11 le m.	42 99
2 colonnes, chaque 3m,74 × 0m,42.		3 14	
Sous-face de la couverture de 15 mètres × 3m,80 développés à 0/0 $\frac{1}{10}$ pour plus-value des recouvrements.		62 70	
Chéneau 14 mètres × 0,51.		7 14	
Lambrequin 15 mètres × 0m,40 à 2 faces et à 0/0 $\frac{1}{10}$.		13 20	
Ensemble.		86 18 à 0,70 le m.	60 33
			1573 20

La superficie de la Marquise ci-dessus étant 56 mètres. (Longueur 14 mètres, largeur tout compris 4 mètres.)

Le mètre superficiel reviendrait à. . . . $\left\{ \frac{1573\ 20}{56} \right.$ = 28 fr. 09 c.

La compagnie de l'Est vient de traiter pour ces marquises à raison de 25 fr. le mètre superficiel.

Ces marquises couvrent le trottoir dans toute sa largeur et s'avancent jusqu'au-dessus des voitures, de façon que les voyageurs y montent ou en descendent à couvert.

CHEMIN DE FER DE PARIS A STRASBOURG

OUTILLAGE DES ATELIERS D'ÉPERNAY

1° *Atelier d'ajustag.*

5 mach.	2	machines à vapeur de vingt-cinq chevaux	41,000	»
	2	chaudières.	15 100	»
	1	petite machine à vapeur de quatre chevaux pour élever l'eau dans le réservoir	4,000	»
10	1	tour à roues de machines Crampton	20,000	»
	2	tours à roues motrices de machines ordinaires . . .	35.000	»
	2	tours à petites roues de machines	22.800	»
	5	tours à roues de tenders et de wagons	43 000	»
28	2	gros tours parallèles de 0m,500 de hauteur de pointes .	22,000	»
	2	tours parallèles à fileter.	7,100	»
	1	tour à recentrer les essieux	5,650	»
	1	tour sphérique.	4,400	»
	2	tours parallèles à engrenage Hauteur des pointes, 0m,420.	5 500	»
	2	tours parallèles à engrenage — — 0m,570	4,500	»
	1	tour à fileter	1 000	»
	3	petits tours parallèles. Hauteur des pointes. . . 0m 200.	2,250	»
	7	tours simples	7 200	»
	2	tours simples à quatre poupées pour fileter les entretoises de foyer	2,500	»
	1	tour simple à fileter les entretoises et tourner les écrous.	1,500	»
	4	tours simples et à engrenages à bancs de bois.	2,750	»
8	1	grande machine à raboter Course 3m,000; largeur 1m,45.	8,000	»
	1	— — — 3m,000; — 0m,50	3,000	»
	1	— — — 1m,50 ; — 0m,50.	2,000	»
	2	— — — » — 0m 50	5,000	»
	2	— — — 1m,500; — 0m,50.	4,800	»
	1	pet. — — — 0m,250, — 0m,25.	500	»
4	1	grande limeuse Wiltworth	4,500	»
	3	petites limeuses	4,200	»
4	1	grande machine à mortaiser.	11,540	»
	1	moyenne — —	5,940	»
	2	petites — —	5,660	»
1	1	machine à alaiser les trous des bâtons des maneveles des roues motrices	3,880	»
		A REPORTER	304,870	»

38.

		REPORT	304,870f	»
2	1	grande machine à tarauder.	750	»
	1	petite machine à tarauder	250	»
10	1	machine à percer radiale.	4,000	»
	1	machine à percer à colonnes.	750	»
	1	machine à percer les trous des rivets des bandages . . .	500	»
	7	machines à percer montées sur les colonnes des ateliers .	7,400	»
	5	auges en fonte pour meules à repasser	1,250	»
	1	machine à essayer l'huile	500	»
	1	presse hydraulique à caler les roues.	2,100	»
	1	scie circulaire	600	»
	2	marbres à dresser	1,020	»
	1	roue en bois pour tour	100	»
	1	machine à vérifier les balances à ressorts des soupapes de locomotives	150	»
	70	étaux d'ajusteurs	4,550	»
	120	mètres courants d'établis d'ajusteurs, avec tiroirs. . . .	2,400	»
	9	plaques tournantes de 2 mètres de diamètre.	4,950	»
		TOTAL de l'atelier d'ajustage	336,440	336,440
		2e Atelier des bandages de roues et des forges		
	2	forges doubles à souder les bandages.	1,500	»
	2	forges simples	1,000	»
	3	enclumes	600	»
	1	grue en bois pour ces forges.	250	»
	1	potence en fer	100	»
	1	four à chauffer les bandages droits.	5,000	»
	2	fours circulaires à chauffer les bandages	4,000	»
	1	chariot à treuil pour ces fours.	2,000	»
	1	grue en fonte	3,500	»
	1	machine à cintrer et mandriner les bandages	10,000	»
	1	cuve à refroidir les bandages.	1,000	»
	1	gros marteau-pilon de 1,500 kilogrammes	13,500	»
	1	chaudière et son fourneau, pour ce marteau	3,000	»
	1	four à réchauffer	2,000	»
	1	marteau-pilon de 250 kilogrammes.	4,000	»
	1	marteau-pilon de 80 kilogrammes.	2,400	»
	10	forges maréchales doubles.	6,500	»
	20	enclumes de 175 kilogrammes chaque.	1,500	»
	3	étaux à chaud (450k)	675	»
	10	potences en fer	1,000	»
	6	soufflets en cuir	900	»
	1	grue en bois et fer	250	»
	1	ventilateur	750	»
		TOTAL de l'atelier des bandages et des forges. . . .	67,825	67,825
		3e Atelier des ressorts et de la chaudronnerie.		
	5	forges doubles.	3,250	»
	2	forges simples	1,000	»
	12	enclumes (150k).	1,800	»
		A REPORTER	6,050	404,265

Report..	6,050f	404,265f
2 étaux à chaud (400k)	560	»
20 étaux d'ajusteurs (50k)..	1,280	»
1 marbres en fonte à dresser..	750	»
1 machine à cintrer les ressorts.	855	»
1 laminoir à ressorts	4,000	»
1 machine à couper les tôles	3,600	»
1 machine à percer les tôles	3,800	»
2 grosses meules à aiguiser.	1,000	»
1 presse à essayer les tubes en laiton.	175	»
Cuves et fourneaux à nettoyer et sécher les tubes.	600	»
6 soufflets en cuir	900	»
1 ventilateur.	700	»
20 mètres d'établis en bois avec tiroirs.	350	»
Total de l'atelier des ressorts et de la chaudronnerie.	25,200	25,200
4° *Atelier de montage des locomotives et tenders.*		
2 chariots roulants pour locomotives	5,000	»
1 chariot roulant pour tenders	2,000	»
2 grues roulantes de montage.	10,000	»
1 grande grue à lever les machines et tenders.	12,500	»
170 étaux d'ajusteurs	11,050	»
300 mètres courants d'établis et 200 tiroirs avec serrures	6,000	»
Total de l'atelier de montage..	46,550	46,550
Total général..	......	476,015

RÉCAPITULATION

Atelier d'ajustage	336,440f	476,015 fr
Atelier des bandages de roues et forges.	67,825	
Atelier des ressorts et de la chaudronnerie	25,200	
Atelier de montage..	46,550	

Nota —Le chiffre de 476,015 fr. ne comprend que l'acquisition des outils ci-dessus; il faudrait ajouter environ 16 pour 100 pour l'installation, comprenant les transmissions de mouvement, les fondations et la pose des outils. (70,160 fr.)

Les voies de fer, grandes plaques tournantes et cheminées des machines à vapeur ne sont pas comprises dans cette dépense

L'outillage des ateliers d'Épernay a été récemment complété par les outils suivants :

1 marteau-pilon de 90 kilog.	2,400f	25 400 fr
1 marteau-pilon de 500 kilog..	6,000	
2 grosses forges pour les divers marteaux	3,000	
1 machine radiale	4,500	
1 machine à aléser les cylindres.	4,500	
3 ou 4 petits tours	5,000	

CHEMIN DE FER DE PARIS A STRASBOURG

OUTILLAGE DE L'ATELIER DE MONTIGNY.

1° *Atelier d'ajustage.*

1 Machine à vapeur horizontale à haute pression, complète avec sa chaudière, ses tuyaux en cuivre, pompe à eau froide, et en général tous les accessoires nécessaires à sa marche, tels que clefs, manomètres, fourneaux, deux chaudières à vapeur			
Machine et sa chaudière. 15,000f 00			
Nouvelle chaudière. 3,115 60	21,015f	60	»
Fourneaux et tuyaux. 3,500 00			
1 réservoir à eau alimentant la machine à vapeur et les bornes-fontaines des ateliers avec tuyaux en cuivre, robinets, etc.	1,500	»	»
16 colonnes en fonte supportant la transmission du mouvement des machines à percer et des treuils.	2,750	»	»
2 treuils tournants fixés aux colonnes.	550	»	»
1 tour parallèle de 0m,550 de hauteur de pointes, banc en fonte de 4m,000 de longueur avec chariot, etc. . . .	4,500	»	»
1 tour à essieux de 0m,300 de hauteur de pointes, banc en fonte de 3m,600 de longueur avec chariot, etc. . .	2,200	»	»
2 tours parallèles à fileter de 0m,270 de hauteur de pointes, banc de 3m,700 de longueur avec chariot, etc. . .	7,100	»	»
1 tour simple de 0m,210 de hauteur de pointes, banc en fonte de 4m,00 de longueur avec support.	1,200	»	»
1 tour simple de 0m,210 de hauteur de pointes, banc en fonte de 2m,400 de longueur avec support, etc. . . .	900	»	»
1 petit tour à fileter à banc triangulaire de 1m,500 de longueur	750	»	»
1 tour de l'école de Châlons de 0m,500 de hauteur de pointes, banc en fonte de 4 mètres de longueur avec support, etc.	1,400	»	»
1 tour simple de 0m,300 de hauteur de pointes, banc en fonte de 2m,500 de longueur avec support, etc. . . .	700	»	»
1 tour double à tourner les roues motrices avec banc en fonte, 2 chariots, etc	14,000	»	»
4 tours doubles à tourner les roues de wagons avec bancs en fonte, 2 chariots, etc.	35,000	»	»
1 machine à raboter à crémaillère et à plateau mobile, d'une course de 1 mètre et 0m,450 de largeur.	2,800	»	»
1 machine à raboter à crémaillère et à plateau mobile d'une course de 1m,500, etc	2,580	»	»
1 machine à raboter à levier et à plateau mobile, d'une course de 0m,500, etc.	2,800	»	»
1 machine à mortaiser de 0m,140 de course avec bâti en fonte, etc	2,800	»	»
À REPORTER	104,025	60	»

Report	104,923f 60	
1 machine à mortaiser de 0m,200 de course avec bâti en fonte, etc.	3,500 »	»
1 machine à mortaiser de 0m,200 de course avec bâti en fonte, etc.	2,335 »	»
1 machine à aléser verticale avec bâti en fonte, tablier circulaire, etc	2,200 »	»
1 étau-limeur complet de 0m,140 de course.	1,200 »	»
1 limeuse avec bâti en fonte, etc.	1,400 »	»
3 machines à percer fixées aux colonnes avec plateau tournant et variable.	2,250 »	»
1 machine à percer radiale avec bâti en fonte et 1m,500 de rayon de développement.	4,500 »	»
1 machine à tarauder avec bâti en chêne	450 »	»
1 marbre à dresser de 2m,00 de longueur avec bâti en chêne	250 »	»
2 auges en fonte pour meules à aiguiser.	400 »	»
2 forges portatives de 0m,60 carré avec soufflet.	200 »	»
28 étaux d'ajusteurs d'un poids d'environ 50k chacun . . .	1,820 »	»
40 mètres d'établis en chêne avec tiroirs.	780 »	»
Total.	126,208 60	126,208f 60
2° Forges et montage.		
2 forges quadruples avec bâti en fonte et fer, et huit feux de forges, enclumes, etc	4,150 »	»
3 étaux à chaud et un à tarauder	750 »	»
1 ventilateur de 0m,60 de diamètre et 0m,25 de large.	650 »	»
20 étaux d'ajusteurs, de monteurs et de chaudronniers . .	1,300 »	»
1 chariot pour locomotives	2,500 »	»
1 grue roulante	4,500 »	»
1 marteau-pilon.	2,400 »	»
1 grande grue pour lever les locomotives	12,500 »	»
Total	28,750 »	28,750 »
3° Ateliers des wagons.		
38 établis de menuisiers.	1,900 »	»
3 scies circulaires.	1,500 »	»
1 tour simple de 0m,320 de hauteur de pointes, banc en fonte de 4m,00 de longueur avec support, etc . . .	1,200 »	»
1 tour à bois de 0m,280 de hauteur de pointes, banc en fonte de 3 mètres de longueur avec support, etc. . . .	1,100 »	»
2 treuils tournants fixés aux colonnes.	330 »	»
1 treuil à engrenage monté sur semelle en bois, montant en fonte	140 »	»
2 auges moyennes de meule à aiguiser	300 »	»
3 forges portatives avec tuyaux de fumée	750 »	»
40 étaux d'ajusteurs.	2,000 »	»
50 mètres d'établis avec tiroirs	1,000 »	»
3 chariots à voitures et wagons.	4,500 »	»
Total	15,320 »	15,320 »
Total général	. .	17[illegible],368 60

RÉCAPITULATION

Atelier d'ajustage.	126,208f 60	170,508f 60
Forges et montage.	28,750 »	
Atelier des wagons.	15,520 »	

Nota. — Le chiffre de 170.508 fr 60 c. ne comprend que l'acquisition des outils ci-dessus; il faudrait ajouter environ 16 pour 100 (27,200 fr) pour l'installation, comprenant les transmissions de mouvement, les fondations et la pose des outils.

Les voies de fer, grandes plaques tournantes et cheminées des machines à vapeur ne sont pas comprises dans cette dépense.

L'outillage de cet atelier a été récemment complété par les outils suivants

1 presse à caler les roues.	2,500 fr	16,550 fr
1 marteau pilon de 250k.	4,600	
1 machine à raboter.	2,800	
1 limeuse	1,400	
1 scie circulaire	450	
1 grand marbre à dresser	800	
1 grue pour monter les roues sur le tour . . .	1,000	
1 grosse meule à aiguiser	500	
2 petits tours.	2,500	

ATELIER DE LA VILLETTE ET CARROSSERIE.

1 machine à vapeur de 10 chevaux à haute pression sans condensation avec ses deux chaudières.	20,400 fr
Fourneau et tuyaux	1,500
1 machine à monter l'eau, avec sa chaudière et son fourneau	4,500
5 tours à roues de wagons.	50,000
1 tour parallèle à fileter.	5,000
1 tour à bois	1,100
1 tour à boulons.	900
1 machine à raboter	2,580
1 machine à mortaiser.	2,355
2 petites limeuses	2,400
1 grande machine à percer.	1,785
2 petites machines à percer.	1,000
2 meules à aiguiser	400
5 petites plaques tournantes à raison de 550 fr	2,750
2 forges doubles avec enclumes et étau chaud.	2,340
1 ventilateur	750
80 étaux d'ajusteurs à raison de 65 fr	5,200
125 mètres d'établis d'ajusteurs	2,255
1 chariot pour les machines.	2,500
1 chariot pour les wagons	600
1 grue pour lever les machines	12,500
2 scies circulaires	1,000
Total . . .	125,705 fr

La somme de 125,795 fr. ne représente que la dépense pour l'acquisition des outils; il faudrait ajouter environ 16 pour 100, soit une somme de 20,000 fr., pour leur installation, transmissions de mouvement, fondations et pose.

On a ajouté dernièrement à cet outillage :

1 petit marteau-pilon évalué	2,400 fr.
1 scie verticale	4,000
1 tour à roues de locomotives.	14,000
1 machine à faire des coins.	1,000
1 grande meule à aiguiser.	500
Total.	21,000 fr.

LONGUEUR DES HALLES COUVERTES DE PLUSIEURS GARES DE CHEMINS DE FER.

100 mètres de longueur couvrent un train de 15 voitures.

Gare du Mans	150 mèt.
Gare de Nantes.	120
Gare de Bordeaux.	120
Gare des Aubrais.	120
Gare de Toulouse	100
Gare de Wissembourg	94
Gare de Nevers.	95

Cette dernière gare n'est encore que la tête d'un embranchement de 12 kilomètres.

Halle des marchandises de Toulouse. . . . 150 mèt. sur 22 mèt.

— — Limoges. . . . 100 sur 20

(Extrait des *Nouvelles Annales de la construction*.)

OBSERVATIONS

SUR LES TYPES DES STATIONS DU CHEMIN DE L'OUEST DE CAEN A CHERBOURG

(Voir les tableaux plus loin)

La station de Bayeux est la seule station de 1re classe sur laquelle nous possédions des renseignements. Les stations d'Isigny, Carentan et Sainte-Mère-Église, bien qu'étant de 2e classe, comme celle de Valognes, ont coûté des prix plus ou moins élevés.

Ainsi, la station de Valognes ayant coûté. . . . . 77,520 fr.
celle d'Isigny a coûté. 57,515
celle de Carentan 84,570
celle de Sainte-Mère-Église. 66,288

Dans toutes ces stations, le bâtiment des voyageurs est de mêmes dimensions, si ce n'est toutefois à Isigny, où il a 295 mètres carrés de superficie. Les quais à voyageurs sont partout semblables, et les cabinets d'aisances ont également même étendue, exception faite d'Isigny, où il n'en existe pas en dehors du bâtiment des voyageurs. Les hangars à marchandises, enfin, qui, à Valognes, Sainte-Mère-Église et Carentan, ont 510 mètres de surface, n'en ont que 480 à Isigny.

Les différences dans ce prix total tiennent surtout à des différences dans les prix élémentaires dans les localités où se trouvent les stations, au plus ou moins d'étendue de certaines dépendances et à l'existence d'aménagements supplémentaires, qui, nécessaires sur certains points, ne le sont pas sur d'autres.

Ainsi, le mètre carré du bâtiment des voyageurs coûtant à Valognes et à Sainte-Mère-Église . . . . 140 fr.
en a coûté, à Carentan. 160
et n'est revenu, à Isigny, qu'à 105

Le mètre carré d'annexe, de cabinets d'aisances, coûtant, à Valognes et à Sainte-Mère-Église . . . . 58 fr. 50 cent.
a coûté, à Carentan. 78 50

Le mètre carré de lampisterie coûtant, à Valognes et à Sainte-Mère-Église. 58 fr. 50 cent.
à Carentan, s'est élevé à. . . . . 40 »

Le mètre carré de hangar à marchandises coûtant, à Valognes. . 50 »
a coûté, à Sainte-Mère-Église. 55 70
à Carentan. . . . . 55 »
et à Isigny. . . . . 50 »

Lorsque, à Valognes, nous trouvons une remise pour 6 wagons, nous n'en trouvons aucune à Sainte-Mère-Église, et nous en trouvons pour 3 wagons seulement à Carentan. A Carentan, on rencontre, comme à Sainte-Mère-Église, un bâtiment machine fixe de 28 mètres carrés de superficie, tandis qu'à Valognes il a 40 metres. A Isigny, ce bâtiment n'existe pas. — Si, à Valognes et à Carentan, les écuries peuvent contenir 10 chevaux et les remises 5 voitures, à Isigny l'écurie ne peut contenir que 6 chevaux et la remise 3 voitures; à Sainte-Mère-Église, l'écurie, 4 chevaux, et la remise, 2 voitures.

Il en est des stations de 3ᵉ classe comme de celles de 2ᵉ.

La station de Sottevast ayant coûté.	38,374 fr.
celle de Couville a coûté.	38,374
celle de Martinvast.	37,122
celle de Montebourg	34,780
celle de Lamolay.	55,511
celle d'Andrieu.	60,774

Les différences s'expliquent de la manière suivante :

Les prix élémentaires varient :

Ainsi, le mètre carré de bâtiment pour les voyageurs coûtant, à Sottevast. . . . . 160 fr.

a coûté, à Montebourg.	120
et à Bretteville.	180
dans les autres stations de 3ᵉ classe, comme à Sottevast.	160

Le mètre carré de cabinets d'aisance coûtant, à Sottevast, à Lemolay, à Bretteville et à Andrieu. . . . . 96 fr. 50 cent.

n'a coûté, à Montebourg, que.	76	50

Le mètre carré de lampisterie coûtant, à Sottevast et dans les autres stations précitées. 58 50

n'est revenu, à Montebourg, qu'à.	45	25

Le mètre carré de hangar à marchandises coûtant, à Sottevast, Couville, Lemolay et Andrieu. . . . . 50 »

a coûté à Montebourg, Martinvast et Bretteville.	35	70

A Couville et à Martinvast, les dépendances sont les mêmes qu'à Sottevast, et les prix sensiblement les mêmes.

Les dimensions des bâtiments à voyageurs, des cabinets d'aisances, de la lampisterie, des écuries et des remises, sont les mêmes dans toutes les stations de 3ᵉ classe Les quais à voyageurs et les hangars à marchandises sont de mêmes dimensions à Sottevast, Couville, Martinvast et Montebourg. Les hangars à marchandises aussi sont égaux en superficie à Bretteville et dans les stations susnommées. Mais à Montebourg, à Lemolay, à Bretteville et à Andrieu, il existe des abris que l'on ne trouve pas à Sottevast; à Andrieu on trouve un dépôt de machines qui n'était pas nécessaire à Sottevast à Lemolay et à Andrieu, enfin, les hangars à marchandises sont presque le triple de ce qu'ils sont à Sottevast

ÉTAT

DES DÉPENSES FAITES POUR LA CONSTRUCTION DES STATIONS

DÉSIGNATION DES OUVRAGES ET NATURE DES TRAVAUX.	MONTANT DES DÉPENSES PAR OUVRAGE.
STATION DE BAYEUX.	
REZ-DE-CHAUSSÉE ET PREMIER ÉTAGE. — TYPE DE 1re CLASSE.	
Bâtiment de voyageurs, 1re classe.	44,850f »
Quais de voyageurs avec bordure en pierre.	5,000 »
Abri opposé à la station.	4,402 »
Annexe, 1re classe Cabinet d'aisances.	6,070 »
— — Lampisterie, télégraphie.	5,868 50
Hangar à marchandises, 2e classe.	15,300 »
Bureaux, magasins pour colis, etc	800 »
Quai découvert	792 50
Quai à bestiaux.	713 »
Grue à chargement, 6 tonnes.	1,705 »
— — 1 tonne 1/2.	1,200 »
Pont à bascule de 20 tonnes..	250 »
Remises pour locomotives et pour trains.	15,000 »
Grande fosse à piquer le feu.	1,998 »
Remise à waggons.	6,625 »
Quai à chaises de poste	475 50
Quai pour chevaux.	525 05
Écurie pour camionnage.	5,052 »
Remise pour voitures.	1,980 »
4 grues d'alimentation	1,200 »
Bâtiment machine fixe..	1,600 »
Support de réservoir..	2,012 20
Fosses à piquer le feu sur les voies	2,664 »
Magasin à coke	750 »
Gabarit	150 »
DÉPENSE TOTALE DE LA STATION.	120,905 75
STATION DE VALOGNES.	
REZ-DE-CHAUSSÉE ET PREMIER ÉTAGE. — TYPE DE 2e CLASSE.	
Bâtiment à voyageurs, 2e classe.	20,775 »
Quai à voyageurs avec bordure en pierre.	1,950 »
A REPORTER .	28 725 »

GÉNÉRAL

DU CHEMIN DE FER DE CAEN A CHERBOURG

PRIX DE DÉBOURSÉ POUR LES CONSTRUCTIONS

AU MÈTRE LINÉAIRE OU AU MÈTRE SUPERFICIEL

$31^m,50 \times 9,50 = \frac{44.887,50}{299^m,25}$, le mètre superficiel. . . . — 150 fr. » cent.
$\frac{3.900,00}{260^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . . . — 15 »
$25^m,00 \times 4,00 = \frac{4.462,00}{92^m,00}$, le mètre superficiel. . . . . — 48 50
$22^m,00 \times 5,50 = \frac{7.320,50}{121^m,00}$, le mètre superficiel . . . . — 60 50
$22^m,00 \times 5,50 = \frac{5.868,50}{121^m,00}$, le mètre superficiel . . . . — 48 50
$30^m,00 \times 17,00 = \frac{15.300,00}{510^m,00}$, le mètre superficiel. . . . — 30 »
$8^m,00 \times 4,00 = \frac{800,00}{32^m,00}$, le mètre superficiel. . . . . . — 25 »
$\frac{792,50}{50^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 15 85
$\frac{713,25}{45^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 15 85

$40^m,00 \times 15,00 = \frac{15.000,00}{600^m,00}$, le mètre superficiel. . . — 25 »
$\frac{1.320,00}{20^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 66 »
$25^m,00 \times 9,00 = \frac{5.625,00}{225^m,00}$, le mètre superficiel. . . . . — 25 »
$\frac{475,50}{30^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 15 85
$\frac{554,75}{35^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 15 85
$15^m,00 \times 8,00 = \frac{5.052,00}{120^m,00}$, le mètre superficiel . . . . — 42 10
$15^m,00 \times 6,00 = \frac{1.989,00}{90^m,00}$, le mètre superficiel . — 22 10

$8^m,00 \times 5,00 = \frac{1.600,00}{40^m,00}$, le mètre superficiel. . . — 40 »
$6^m,00$ de diamètre $= \frac{1.412,00}{35^m,30}$, le mètre superficiel. . . . — 40 »
$\frac{2.664,00}{40^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 66 60
$25^m,00 \times 2,00 = \frac{750,00}{50^m,00}$, le mètre superficiel. . . . . . — 15 »

$22^m,50 \times 8,50 = \frac{26.775,00}{191^m,25}$, le mètre superficiel. . . . . — 140 »
$\frac{1.950,00}{130^m,00}$ de longueur, le mètre linéaire. . . . . — 15 »

DÉSIGNATION DES OUVRAGES ET NATURE DES TRAVAUX.	MONTANT DES DÉPENSES PAR OUVRAGE.
Report.	28,725f »
Annexe. Cabinet d'aisances.	4,087 13
— Lampisterie et magasin..	3,282 12
Hangar à marchandises, 2e classe	15,300 »
Bureaux et magasins pour colis	640 »
Quai découvert.	792 50
Quai à bestiaux.	634 »
Grue de 6 tonnes.	1,765 »
— 1 tonne 1/2.	1,200 »
Pont à bascule de 20 tonnes.	250 »
Remise pour 6 waggons.	4,500 »
Quais à chevaux et à chaises de poste	634 »
Écurie pour 10 chevaux.	5,052 »
Remise pour 5 voitures.	1,989 »
Grue d'alimentation.	1,200 »
Fosse à piquer le feu.	2,664 »
Bâtiment machine fixe	1,600 »
Support de réservoir	2,012 »
Gabarit.	150 »
Jardin et clôture.	150 »
Dépense totale de la station.	77,526 75
STATION DE SOTTEVAST.	
REZ-DE-CHAUSSÉE ET PREMIER ÉTAGE. — TYPE DE 3e CLASSE	
Bâtiment à voyageurs, 3e classe.	21,580 »
Quai à voyageurs avec bordure en pierre	1,950 »
Annexe. Cabinet d'aisances.	3,256 »
— Lampisterie et magasins	1,974 38
Hangar à magasin, 3e classe.	4,680 »
Quai découvert.	596 25
Grue de 6 tonnes..	1,765 »
Pont à bascule de 20 tonnes	250 »
Écurie pour 4 chevaux	1,092 42
Remise pour 2 voitures.	579 87
Gabarit.	150 »
Jardin et clôture.	100 »
Dépense totale pour la station.	38,375 92

PRIX DE DÉBOURSÉ POUR LES CONSTRUCTIONS

AU MÈTRE LINÉAIRE OU AU MÈTRE SUPERFICIEL.

$15^{m},50 \times 5,50 =$ [illegible], le mètre superficiel.	=	58 f.	50 cent.
$15^{m},50 \times 5,50 =$ [illegible], le mètre superficiel.	=	38	50
$30^{m},00 \times 17,00 =$ [illegible], le mètre superficiel. . . .	=	50	»
$8^{m},00 \times 4,00 = \frac{640,00}{32^{m},00}$, le mètre superficiel.	=	20	»
[illegible] de longueur, le mètre linéaire.	=	15	85
$\frac{634,00}{40^{m},00}$ de longueur, le mètre linéaire.	=	15	85
$25^{m},00 \times 9,00 =$ [illegible], le mètre superficiel	=	20	»
Ensemble $\frac{634,00}{40^{m},00}$, le mètre linéaire.	=	15	85
$15^{m},00 \times 8,00 = \frac{5,052,00}{120^{m},00}$, le mètre superficiel	=	42	10
$15^{m},00 \times 6,00 =$ [illegible], le mètre superficiel	=	22	10
$8^{m},00 \times 5,00 = \frac{1,600,00}{40^{m},00}$, le mètre superficiel.	=	40	»
$6^{m},00$ de diamètre = [illegible], le mètre superficiel. . .	=	40	»
$17^{m},00 \times 8,00 =$ [illegible], le mètre superficiel	=	160	»
[illegible] de longueur, le mètre linéaire	=	15	»
$7^{m},50 \times 4,50 =$ [illegible], le mètre superficiel.	=	96	50
$7^{m},50 \times 4,50 =$ [illegible], le mètre superficiel . . .	=	58	50
$12^{m},00 \times 13,00 =$ [illegible], le mètre superficiel.	=	30	»
[illegible] de longueur, le mètre linéaire.	=	15	85
$6^{m},70 \times 6,00 =$ [illegible], le mètre superficiel	=	42	10
$5^{m},70 \times 4,50 =$ [illegible], le mètre superficiel.	=	22	10

PRINCIPAUX

DU MATÉRIEL A VOYAGEURS DES COMPAGNIES

TABLEAU COMPARATIF DES DIMENSIONS LES PLUS

DÉTAILS.	EST.		
			PREMIÈRE
CHASSIS ET SUPPORTS.	Type 1863. 24 places	Type précédent 24 places.	Type Ardennes 24 places
Longueur totale du châssis en dehors des traverses extrêmes.	6m,500	6m,000	5m,800
Nombre des essieux.	2	2	2
Écartement des essieux extrêmes.	3m,600	3m,000	3m,300
Écartement des points extrêmes de suspension.	5 900	5 300	5 144
Longueur développée des ressorts de suspension.	2 000	1 400	1 502
CAISSE.			
Longueur extérieure totale à la ceinture.	6 560	6 170	6 180
— intérieure totale à la ceinture.	6 440	6 000	6 020
Hauteur intérieure au milieu	1 900	1 813	1 800
— — sur les côtés	1 800	1 715	1 700
Largeur intérieure à la ceinture	2 650	2 500	2 510
— — pour chaque voyageur.	0 6625	0 625	0 6275
Distance longitudinale entre deux cloisons à la ceinture.	2 100	2 000	1 980
Largeur du châssis de la banquette.	0 750	0 700	0 695
Distance entre deux banquettes	0 600	0 600	0 590
Hauteur du dossier au-dessus de la banquette	0 870	0 770	0 770
Hauteur du dossier au-dessus du plancher	1 100	1 000	1 050
Surface totale des baies.	$1^{m2}2043$	$1^{m2}5503$	$1^{m2}6034$
Poids des voitures vides.	»	6,170 kil.	»
			1 coupé
			DEUXIÈME
CHASSIS ET SUPPORTS.	Type 1863 40 places.	Type précédent 40 places.	Type Ardennes 40 places.
Longueur totale du châssis en dehors des traverses extrêmes	7m,000	6m,800	5m,800
Nombre des essieux	2	2	2
Écartement des essieux extrêmes.	3m,600	3m,600	3m,300
Écartement des points extrêmes de suspension	5 300	5 300	5 144
Longueur développée des ressorts de suspension.	1 500	1 400	1 502

TYPES

DE L'EST, DE LYON ET DU NORD

IMPORTANTES AU POINT DE VUE DU CONFORTABLE.

LYON					NORD
CLASSE.					
P L. série AA 28 places.	L. M. série AA 24 places	L. M. série AA 28 places	L. M. série A 24 places	Grand-Central 24 places	Dernier type 24 places
6m,900	6m,700	6m 880	5m,500	5m,400	5m 750
3	3	3	2	2	2
1m,000	1m,000	1m,000	2m,800	2m,650	1m,000
5 770	5 900	5 900	4 700	4 022	5 850
1 400	1 760	1 700	1 700	1 400	1 550
7 000	6 700	7 080	5 050	5 580	6 040
6 870	6 540	6 920	5 550	5 410	5 930
1 855	1 820	1 850	1 775	1 765	1 751
1 725	1 710	1 720	1 665	1 675	1 628
2 420	2 450	2 450	2 460	2 440	2 440
0 605	0 610	0 610	0 615	0 610	0 606
1 815	1 950	1 900	1 845	1 780	1 950
0 400	0 550	0 575	0 490	0 605	0 715
0 600	0 635	0 480	0 620	0 570	0 520
1 080	1 110	1 050	1 080	1 100	1 210
1 400	1 450	1 400	1 400	1 400	1 460
1m²3000	1m²4000	1m²5000	1m²2800	1m²3400	1m²5555
7,400 kil.	7,400 kil.	7,000 kil.	5,800 kil.	5 250 kil.	6,040 kil
1 coupé.	2 coupés.	1 coupé.	»	»	»
CLASSE.					
P L. série BB 40 places.	L. M. série B. 40 places.	G. C. série B. 40 places	Bourb. série B. 40 places		Dernier type. 40 places.
6m,700	6m,000	6m,000	6m,000	»	6m,150
3	2	2	2	»	2
1m,000	3m,200	3m,000	3m,500	»	1m,000
5 690	5 100	4 372	5 540	»	5 850
1 400	1 700	1 400	1 500	»	1 550

DÉTAILS	EST		
			DEUXIÈME
CAISSE	Type 1863 40 places	Type précédent 40 places.	Type Ardennes 40 places
Longueur extérieure totale à la ceinture .	7m,200	6m,900	6m,200
— intérieure totale à la ceinture. .	7 080	6 760	6 070
Hauteur intérieure au milieu.	1 800	1 735	1 800
— — sur les côtés.. .	1 700	1 657	1 700
Largeur intérieure à la ceinture . . .	2 650	2 400	2 510
— — pour chaque voyageur.	0 530	0 480	0 502
Distance longitudinale entre deux cloisons à la ceinture.	1 740	1 665	1 515
Largeur du châssis de la banquette.. . .	0 610	0 5725	0 4025
Distance entre deux banquettes..	0 520	0 520	0 550
Hauteur du dossier au-dessus de la banquette..	1 000	0 700	0 650
Hauteur du dossier au-dessus du plancher .	1 250	1 000	0 980
Surface totale des baies.	1m²2354	1m²2354	1m²3572
Poids des voitures vides.	»	6,100 kil.	»
			TROISIÈME
CHASSIS ET SUPPORTS.	Type 1863. 50 places	Type précédent 50 places.	Type Ardennes 50 places.
Longueur totale du châssis en dehors des traverses extrêmes.	7m,000	6m,800	5m,800
Nombre des essieux	2	2	2
Écartement des essieux extrêmes. . . .	3m,600	3m,600	3m,300
Écartement des points extrêmes de suspension..	5 300	5 300	5 114
Longueur développée des ressorts de suspension	1 400	1 400	1 502
CAISSE			
Longueur extérieure totale à la ceinture. .	7 340	6 903	5 820
— intérieure totale à la ceinture.. .	7 220	6 780	5 600
Hauteur intérieure au milieu	1 800	1 735	1 800
— — sur les côtés..	1 700	1 655	1 795
Largeur intérieure à la ceinture	2 650	2 400	2 500
— — pour chaque voyageur	0 530	0 480	0 500
Distance longitudinale entre deux cloisons à la ceinture..	1 422	1 328	1 395
Largeur du châssis de la banquette, . .	0 475	0 425	0 445
Distance entre deux banquettes.	0 452	0 408	0 505
Hauteur du dossier au-dessus de la banquette..	0 810	0 560	0 610
Hauteur du dossier au-dessus du plancher	1 250	1 000	1 040
Surface totale des baies.	1m²2905	1m²4520	0m²5544
Poids des voitures vides.	»	5,850 kil.	»

LYON					NORD.
CLASSE.					
P. L. série BB. 40 places.	L. M. série B. 40 places.	G. C. série B. 40 places	Bourb. série B. 40 places.		Dernier type. 40 places.
6^{m},800	6^{m},100	6^{m},130	6^{m},320	»	6^{m},430
6 080	5 980	6 010	6 200	»	6 320
1 885	1 750	1 785	1 825	»	1 758
1 775	1 620	1 675	1 715	»	1 608
2 440	2 380	2 440	2 470	»	2 490
0 488	0 476	0 484	0 494	»	0 498
1 630	1 480	1 500	1 540	»	1 550
0 530	0 480	0 480	0 480	»	0 515
0 570	0 520	0 540	[illegible]	»	0 520
1 080	1 050	0 770	0 950	»	1 200
1 400	1 400	1 120	1 300	»	1 500
1^{m2}200	0^{m2}900	1^{m2}200	1^{m2}260	»	0^{m2}9200
7,050 kil.	5,700 kil.	5,950 kil	5,550 kil.	»	5,900 kil.
CLASSE.					
L. M. série CC 50 places.	Bourb. série C 50 places.				Dernier type, 50 places.
6^{m},700	6^{m},700	»	»	»	6^{m},[illegible]00
3	2		»	»	2
4^{m},000	3^{m},500	»	»	»	4^{m},000
5 900	5 540	»	»	»	5 850
1 760	1 500	»	»	»	1 400
6 700	7 040	»	»	»	6 700
6 620	6 920	»	»	»	6 680
1 670	1 785	»	»	»	1 758
1 560	1 675	»	»	»	1 668
2 280	2 490	»	»	»	2 400
0 450	0 498	»	»	»	0 498
1 300	1 375	»	»	»	1 304
0 410	0 420	»	»	»	0 392
0 480	0 535	»	»	»	0 520
»	»	»	»	»	0 515
»	»	»	»	»	0 950
0^{m2}440	0^{m2}495	»	»	»	0^{m2}4400
6,600 kil.	6,100 kil.	»	»	»	5,6[illegible]0 kil

CHEMINS DE FER DE L'EST

CAHIER DES CHARGES

POUR LES CHASSIS DE WAGONS A BAGAGES

ARTICLE PREMIER. — Les châssis de wagons à bagages seront construits conformément aux plans d'ensemble, revêtus de la signature de l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie, qui seront remis aux fournisseurs.

Des plans de détails cotés et à une échelle plus grande, revêtus également de la signature de l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie, seront remis au fournisseur pour toutes parties qui lui paraîtront exiger cette mesure.

Chaque châssis devra pouvoir s'ajuster indistinctement sur tous les essieux et recevoir, sans aucune modification, toutes les caisses wagons à bagages

Le fournisseur devra établir, au commencement de son travail, un gabarit en fer suivant les indications des ingénieurs de la Compagnie, pour déterminer la position des huit boulons qui fixent la caisse au châssis.

La position de ses huit boulons sera rigoureusement conforme aux dimensions écrites sur les plans; elle sera invariablement la même pour toutes les voitures de 2e classe à quatre compartiments

L'assemblage et le montage seront faits avec le plus grand soin. On apportera l'attention la plus scrupuleuse au parallélisme et à l'équerre des pièces qui fixent la position des essieux.

ART. 2. — Les deux brancards, les deux traverses de tête, les trois traverses intermédiaires du châssis seront exécutés en bois de chêne sec de la meilleure qualité, choisi dans des pièces de fort équarrissage sans aubier, malandres, nœuds vicieux, roulures, fils tranchés ou gelivures, le tout équarri à vive arête, dressé et corroyé sur toutes les faces et assemblé avec le plus grand soin.

Les assemblages seront faits à doubles tenons et à mortaises pour les abouts des brancards et traverses intermédiaires, et à simples tenons pour les abouts des croix de Saint-André.

Tous les tenons seront à congé sous leur épaulement.

Tous les tenons et les intérieurs des mortaises, ainsi que toutes les parties

qui reçoivent les ferrures, devront recevoir une couche épaisse de peinture à l'huile avant leur réunion.

Les plaques de garde ne seront pas entaillées dans les brancards.

Les coulisses des boîtes à graisse devront avoir six millimètres de jeu dans les plaques de garde dans le sens longitudinal, et dix millimètres dans le sens transversal.

Les boîtes à graisse seront garnies de coussinets en bronze dont la composition sera déterminée par l'ingénieur en chef du matériel, ou en tout autre métal qui sera désigné par lui.

Tous les pas de vis seront pris dans la série dont les échantillons seront fournis par la Compagnie, et dont les tarauds-mères seront acquis par le fournisseur chez le constructeur qu'elle désignera.

Art. 3. — Toutes les ferrures travaillées avec soin et précision seront en fer au bois de première qualité ou en fer corroyé, dont la qualité aura été constatée et acceptée par les ingénieurs de la Compagnie.

Les pièces en fonte seront de deuxième fusion et de première qualité, exemptes de soufflures et autres défauts

Toutes les pièces de ferrures et fonte devront, avant leur mise en place, recevoir sur toutes leurs faces une couche de peinture au blanc de céruse.

Enfin, tous les matériaux employés à la construction des châssis seront de la meilleure qualité, et l'exécution du travail devra être soignée sous tous les rapports.

Tous les châssis devront porter, sur chaque brancard, une plaque en cuivre indiquant le nom du constructeur, et une autre, également en cuivre, indiquant le numéro et la série de la voiture.

Art. 4. — La Compagnie pourra procéder aux frais, et dans les ateliers des fournisseurs, à toutes les épreuves qui lui paraîtraient nécessaires.

L'entrée des ateliers des fournisseurs sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de suivre la construction des châssis.

Si, en cours de construction, il se présentait des modifications avantageuses, la Compagnie aurait le droit de les adopter pour les châssis non livrés.

Si les changements demandés entraînaient le sacrifice de quelques pièces confectionnées, la Compagnie en devrait le prix. En cas de désaccord, ce prix serait fixé par des experts désignés par les deux parties.

Art. 5. — Les châssis étant encore en blanc seront soumis à une première réception avant d'être montés.

La réception provisoire aura lieu à la livraison. Néanmoins, toute pièce qui, dans les quatre premiers mois de service, viendrait à manquer ou à se fausser par suite d'un défaut de fabrication ou d'un mauvais choix de matière première, devra être remplacée par les fournisseurs, ou, à leurs frais, par la Compagnie du chemin de fer.

Si l'avarie résultait d'un choc ou d'un accident analogue, il n'y aurait pas lieu d'en réclamer la réparation aux fournisseurs ; à moins, toutefois, que le choc ou l'accident ne provînt de quelque imperfection dans le châssis.

La réception définitive n'aura lieu qu'après un parcours effectif de quatre mille kilomètres, en service ordinaire, lequel devra être fait dans un délai de quatre mois, sauf le cas de grandes réparations nécessitées par des vices de construction.

Cette réception définitive s'appliquera au châssis aussi bien qu'à toute partie du châssis ; si dans le délai de quatre mois les bois avaient pris du jeu par défaut de sécheresse, les châssis pourraient être refusés.

Art. 6. — Le prix de chaque châssis, complet dans toutes ses parties, sera payé ainsi qu'il est dit en l'article.. .. du traité dont le présent cahier des charges est l'annexe.

CHEMIN DE FER DE L'EST

CAHIER DES CHARGES

POUR LES WAGONS

Article premier. — Tous les wagons seront à quatre roues et seront rigoureusement conformes aux plans d'ensemble remis aux fournisseurs, revêtus de la signature de l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie.

Des plans de détail, cotés et de grandeur d'exécution, revêtus de la signature de l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie, seront remis aux fournisseurs pour toutes les parties qui paraîtront exiger cette mesure.

Chaque châssis devra pouvoir s'ajuster indifféremment sur tous les essieux, et recevoir, sans aucune modification, toutes les caisses de wagons.

Chaque caisse sera établie de manière à pouvoir s'ajuster indistinctement sur tous les châssis de wagons.

Toutes les caisses de wagons seront fixées au châssis par huit boulons et écrous.

La position de ces boulons par rapport à l'axe de la caisse sera rigoureusement déterminée sans aucune tolérance. Le constructeur établira un gabarit en fer, suivant les indications qui lui seront données par l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie, pour servir à fixer la position de ces boulons.

Art. 2. — Les bois employés seront en chêne de premier choix, sans nœuds vicieux, roulures, malandres, fils tranchés ou autres défauts.

Tous les tenons, ainsi que les surfaces intérieures des mortaises, seront enduits, avant l'assemblage, d'une couche épaisse de couleur à l'huile de lin. Les faces de jonction de toutes les autres parties, qui reçoivent les ferrures, seront également revêtues d'une forte couche de peinture à l'huile.

Tous les tenons devront entrer à frottement très-dur dans les mortaises. Il ne sera toléré aucune cale ni remplissage.

Art. 3. — Les châssis porteront deux plaques en fonte ou en zinc indiquant le nom du constructeur. Ces plaques seront fixées sur les brancards au moyen de vis à bois.

Art. 4. — La réunion des assemblages sera effectuée au moyen de boulons à pattes et d'équerres. Les plaques de garde seront en fer forgé, ne seront pas entaillées et seront fixées à l'intérieur des brancards par sept boulons chacune. Le soin le plus minutieux devra être apporté dans la pose des plaques de garde, elles devront être placées avec un gabarit. Leur place pour chaque châssis devra être déterminée par un tracé géométrique sur des lignes perpen-

diculaires à la ligne de traction. Les boulons qui les fixent aux brancards seront en fer rond, tous du même diamètre; ils devront entrer à frottement dans le bois comme dans le fer. Les filets des boulons ne dépasseront pas la tige, ils devront même être rentrés pour éviter de faire des trous plus grands.

Les trous des plaques de garde seront percés d'après un calibre, afin qu'on puisse les charger sans être obligés de retoucher aux trous des boulons.

Tous les pas de vis seront pris dans la série dont les échantillons seront fournis par la Compagnie, et dont les tarauds-mères seront acquis chez le fournisseur qu'elle désignera.

Les boulons seront goupillés suivant les indications qui seront données par les dessins, afin d'empêcher les écrous de se desserrer.

La ligne de traction sera déterminée par un tracé qui la placera exactement dans l'axe du châssis.

Art. 5. — Toutes les ferrures, travaillées avec soin et précision, seront faites en fer au bois de première qualité ou en fer corroyé dont la qualité aura été constatée et acceptée par les ingénieurs de la Compagnie. Aucune pièce ne pourra être appliquée en brûlant.

Les pièces en fonte seront de deuxième et de première qualité, douce à la lime et exempte de soufflures et d'autres défauts; l'ajustage et l'assemblage se feront avec soin et précision. Les pièces en fer et fonte devront recevoir sur toutes leurs faces une couche épaisse de peinture pendant la construction.

Enfin, tous les matériaux employés seront de la meilleure qualité, et l'exécution du travail devra être soignée sous tous les rapports.

La Compagnie pourra procéder à toutes les épreuves qui lui paraîtraient nécessaires dans les ateliers des constructeurs, dont l'entrée sera toujours accordée à ceux de ses agents qu'elle chargera de suivre la fabrication des wagons.

Dans le cas où, pendant le cours de ces constructions, il se présenterait des modifications avantageuses, la Compagnie aurait le droit de les adopter pour les wagons non livrés.

Si ces changements étaient de nature à modifier les prix ou entraînaient le sacrifice de quelques pièces déjà confectionnées, ils ne devraient être faits que sur l'autorisation écrite du comité de direction.

Art 6. — La peinture sera exécutée avec le plus grand soin. La composition des couleurs sera donnée par l'ingénieur en chef du matériel, et il sera fourni un panneau d'échantillon pour l'indication de la teinte Dans la construction des wagons est comprise la peinture des trains et de toutes leurs ferrures en noir d'ivoire brillant, pour les brancards du châssis et pour les parties apparentes.

Le dessous de la caisse sera peint d'une couche de gris à l'huile, puis d'une couche de noir de fumée à l'huile.

ART. 7. — La livraison des wagons aura lieu sur les points et aux époques stipulés dans le traité.

Les époques de livraison sont de rigueur, tout délai donnera lieu à des dommages-intérêts stipulés au traité.

Les wagons seront livrés montés sur leurs châssis, garnis de roues et essieux; le tout peint et prêt à fonctionner.

Les frais de transport et autres, s'il y en a, jusqu'à la livraison sont à la charge du fournisseur.

Au moment de la première livraison, le fournisseur devra remettre à la Compagnie un tableau du poids total et des poids partiels des différentes parties d'un wagon.

ART. 8. — La Compagnie se réserve le droit de faire suivre la construction des wagons par ses ingénieurs.

Les wagons en blanc seront soumis à une première réception avant d'être montés. Il leur sera donné ensuite des numéros d'ordre. La réception provisoire aura lieu à la livraison. Nonobstant cette réception, toute pièce qui, pendant les quatre premiers mois de sa mise en service régulier, viendrait à manquer ou à se fausser par suite d'un défaut de fabrication, d'un mauvais choix de matière première ou d'un vice de construction, devra être remplacée par le fournisseur, ou à ses frais, par la Compagnie.

Si l'avarie résultait d'un choc violent ou d'un accident analogue, les fournisseurs n'en seraient point responsables, à moins toutefois que le choc ou l'accident ne provînt de quelque imperfection dans les wagons livrés

La réception définitive n'aura lieu qu'après un parcours effectif de quatre mille kilomètres en service ordinaire, lequel devra être accompli dans un délai de quatre mois, sauf le cas de grandes réparations nécessitées par des vices de construction.

ART. 9. — Le prix de chaque wagon complet dans toutes ses parties et satisfaisant à toutes les clauses et conditions spécifiées ci-dessus et dans le traité, sera payé, savoir :

Neuf dixièmes après la réception provisoire,

Un dixième après l'expiration du délai de garantie qui est celui fixé pour la réception définitive, ainsi qu'il est dit à l'article 8 ci-dessus.

Tous les payements seront faits au siége de la Compagnie, au comptant et sans escompte.

ART. 10. — Le fournisseur ne pourra sous-traiter pour l'exécution de tout ou partie de son marché, sans le consentement écrit de la Compagnie.

CHEMIN DE FER DE L'EST

CAHIER DES CHARGES

POUR LES WAGONS

ARTICLE PREMIER. — Tous les wagons seront à quatre roues et seront rigoureusement conformes aux plans d'ensemble remis aux fournisseurs, revêtus de la signature de l'ingénieur en chef de la Compagnie.

Des plans de détail, cotés et de grandeur d'exécution, revêtus de la signature de l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie, seront remis aux fournisseurs pour toutes les parties qui lui paraîtraient exiger cette mesure.

Chaque châssis devra pouvoir s'ajuster indistinctement sur tous les essieux et recevoir, sans aucune modification, toutes les caisses de wagons.

Chaque caisse sera établie de manière à pouvoir s'ajuster indistinctement sur tous les châssis de wagons.

Toutes les caisses de wagons seront fixées aux châssis par huit boulons et écrous.

La position de ces boulons par rapport à l'axe de la caisse sera rigoureusement déterminée, sans aucune tolérance

Le constructeur s'engage à faire un gabarit en fer suivant les indications qui lui seront données par l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie pour déterminer la position de ces boulons.

ART. 2. — Les bois employés seront de premier choix, sans nœuds vicieux, roulures, malandres, fils tranchés, ou autres défauts; ils auront au moins trois années de coupe, dont six mois au moins de débit en plateaux. Dans cet état de sécheresse, et trois mois avant la construction des wagons, ces plateaux seront réduits aux dimensions voulues suivant celles indiquées par les plans de la Compagnie.

Tous les tenons recevront, ainsi que les surfaces intérieures des mortaises, avant l'assemblage, une bonne couche de couleur à l'huile de lin. Toutes les faces de jonction de toutes les autres parties qui reçoivent les ferrures seront également enduites d'une forte couche de peinture à l'huile.

Tous les tenons devront entrer à frottement très-dur dans les mortaises : on ne tolérera aucune cale ou remplissage.

Les parois seront dressées au rabot et assemblées avec soin à rainures et languettes.

Les brancards, les pieds montants et les traverses seront en chêne.

Art. 3. — Les châssis porteront deux plaques en fonte ou en zinc indiquant le nom du constructeur. Ces plaques seront fixées sur les brancards au moyen de vis à bois

Art. 4 — La réunion des assemblages sera effectuée au moyen de boulons à pattes et d'équerres. Les plaques de garde seront en fer forgé, ne seront pas entaillées et seront fixées à l'intérieur des brancards par sept boulons chacune. Le soin le plus minutieux devra être apporté dans la pose des plaques de garde, elles devront être placées avec un gabarit. Leur place pour chaque châssis devra être établie par un tracé géométrique sur des lignes perpendiculaires à la ligne de traction. Les boulons qui les fixent aux brancards seront en fer rond, tous du même diamètre et entreront à frottement dans le bois comme dans le fer. Les filets des boulons ne dépasseront pas la tige, ils devront même être rentrés pour éviter de faire des trous plus grands.

Les trous des plaques de garde seront percés d'après un calibre afin qu'on puisse les changer sans être obligé de retoucher aux trous des boulons.

Tous les pas de vis seront pris dans la série dont les échantillons seront fournis par la Compagnie et dont les tarauds-mères seront acquis chez le fournisseur qu'elle désignera.

Les boulons seront goupillés suivant les indications qui seront données par les dessins, afin d'empêcher les écrous de se desserrer.

La ligne de traction sera déterminée par un tracé qui la placera exactement dans l'axe du châssis.

Art 5. — Deux chaînes de sûreté terminées par des crochets en fer forgé seront fixées à chaque extrémité du châssis, les tiges qui doivent les porter relieront les traverses intermédiaires et celles extrêmes.

Art. 6. — Toutes les ferrures travaillées avec soin et précision seront faites en fer au bois de première qualité ou en fer corroyé dont la qualité aura été constatée et approuvée par les ingénieurs de la Compagnie. Aucune pièce ne pourra être appliquée en brûlant.

Les pièces en fonte seront de deuxième fusion et de première qualité, douce à la lime et exempte de soufflures et d'autres défauts; l'ajustement et l'assemblage se feront avec soin et précision. A la construction toutes les pièces en fer et fonte devront recevoir sur toutes leurs faces une bonne couche de peinture au minium.

Enfin tous les matériaux employés seront de la meilleure qualité et l'exécution du travail devra être soignée sous tous les rapports.

La Compagnie pourra procéder à toutes les épreuves qui lui paraîtraient

nécessaires dans les ateliers des constructeurs, dont l'entrée sera toujours accordée à ses agents chargés de suivre la fabrication desdits châssis.

Si, pendant le cours de ces constructions, il se présentait des modifications avantageuses, la Compagnie aurait le droit de les adopter pour les wagons non livrés.

Si ces changements étaient de nature à modifier les prix ou entraînaient le sacrifice de quelques pièces déjà confectionnées, ils ne devront être faits que sur l'autorisation écrite du comité de direction.

Art. 7. — La peinture sera faite avec le plus grand soin, la composition des couleurs sera donnée par l'ingénieur en chef de la Compagnie, et il sera fourni un panneau d'échantillons pour déterminer la teinte. Dans la construction des wagons est comprise la peinture des trains et de toutes leurs ferrures, qui sera faite au noir d'ivoire poli pour les brancards du châssis et parties apparentes.

Le dessous de la caisse sera peint d'une couche de gris à l'huile, puis une couche de noir de fumée à l'huile.

Art. 8. — La livraison des wagons aura lieu sur les points et aux époques stipulés dans le traité.

Les époques de livraison sont de rigueur, tout délai donnera lieu à des dommages-intérêts stipulés au traité.

Les wagons seront livrés montés sur leurs châssis, garnis de roues et essieux; le tout peint et prêt à fonctionner.

Les frais de transport et autres, s'il y en a, jusqu'à la livraison, sont à la charge du fournisseur.

Au moment de la première livraison, le fournisseur devra remettre à la Compagnie un tableau du poids total, et de celui des différentes parties d'un wagon.

Art. 9. — La Compagnie se réserve le droit de faire suivre la construction par ses ingénieurs.

Les wagons en blanc seront reçus provisoirement avant d'être montés et recevront alors leurs numéros d'ordre. La réception provisoire aura lieu à la livraison du wagon; néanmoins, toute pièce qui, pendant l'espace de quatre mois à partir de sa mise en service régulier, viendrait à manquer ou à se fausser par suite d'un défaut de fabrication, d'un mauvais choix de matière première ou d'un vice de construction, devra être remplacée par le fournisseur, ou à ses frais, par la Compagnie

Si la casse avait lieu par suite d'un choc violent, ou d'un accident analogue, il n'y aurait pas lieu à en réclamer la réparation au fournisseur, à moins toutefois que le choc ou accident qui aurait occasionné le dégât ne provienne de quelque imperfection dans les caisses ou châssis qu'il aurait fournis.

La réception définitive ne sera faite qu'après un parcours effectif de quatre

mille kilomètres en service ordinaire, lequel devra être fait dans un délai de quatre mois, sauf le cas de grandes réparations nécessitées par des vices de construction.

Art. 10. — Le prix de chaque wagon complet dans toutes ses parties et satisfaisant à toutes les clauses et conditions spécifiées ci-dessus et dans le traité, sera payé, savoir :

Neuf dixièmes après sa réception à celle des gares de la Compagnie ou à tel autre endroit qui sera désigné dans le traite ;

Un dixième après l'expiration du délai de garantie qui sera celui fixé pour la réception définitive, ainsi qu'il est dit à l'article 9 ci-dessus et sur la présentation du procès-verbal de réception.

Tous les payements seront faits au siége de la Compagnie, au comptant, sans escompte.

Art. 11. — Le fournisseur ne pourra sous-traiter pour l'exécution de tout ou partie de ce marché, sans le consentement écrit de la Compagnie.

Art. 12. — Toutes contestations entre les parties seront décidées par le tribunal de commerce du département de la Seine, et à cet effet les parties font élection de domicile à Paris, savoir :

La Compagnie, à son siége social, rue de Strasbourg, à sa gare.

Le domicile du fournisseur étant indiqué dans le traité annexé au présent cahier des charges.

Art. 13. — L'enregistrement du présent cahier des charges et du marché auquel il se réfère, sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

Fait double à Paris le 2 janvier 1855.

CHEMIN DE FER DU NORD

SPÉCIFICATION GÉNÉRALE

POUR LA FOURNITURE DES ESSIEUX

Article premier. — *Définition* La présente spécification a pour objet de compléter les indications des dessins et des clauses particulières des traités.

Elle est obligatoire comme les traités eux-mêmes.

Art. 2. — *Dimensions*. Les dimensions seront en tous points conformes aux dessins remis à l'appui de la commande.

Les parties devant rester brutes seront exactement forgées aux cotes des dessins.

Les parties destinées à être tournées auront un excédant d'épaisseur dont la limite minimum et maximum est indiquée au dessin.

Le dessin indique également la tolérance de longueur à chaque extrémité.

Art. 3 — *Provenance des matières. Mode de fabrication*. La provenance et la qualité des matières premières, ainsi que le mode de fabrication, devront toujours être agréés par l'ingénieur en chef du matériel, avant la mise à exécution des commandes.

Néanmoins, l'acceptation ci-dessus spécifiée ne pourra diminuer en rien la garantie imposée au fournisseur.

Art. 4. — *Surveillance de la fabrication*. Pendant l'exécution des traités ou commandes, l'entrée des ateliers du fournisseur sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication.

La Compagnie pourra toujours faire procéder à toutes les épreuves qui lui paraîtraient nécessaires pour s'assurer de la qualité des matières. Ces épreuves seront à la charge du fournisseur.

Art. 5. — *Marque de fabrique*. La marque de fabrique du fournisseur sera fortement poinçonnée à chaud aux deux extrémités du corps de l'essieu, dans la partie qui ne doit pas être tournée, et à la place indiquée par le dessin.

Art. 6. — *Épreuves de réception*. Outre les épreuves ci-dessus, la Compagnie conserve le droit, à la livraison dans ses magasins, de faire les essais qu'elle jugera nécessaires pour la réception provisoire des lots d'essieux qui lui seront fournis.

Les essais de réception ont lieu à raison d'une épreuve par lot de 25 essieux livrés, et les frais auxquels ils donnent lieu sont réglés par les traités ou commandes.

Les essieux choisis pour essai sont toujours ceux qui présentent l'aspect le moins satisfaisant.

L'essieu soumis à l'essai est placé sur deux points d'appui, établis aussi solidement que possible, et distants l'un de l'autre de un mètre cinquante centimètres (1m,50).

Sur son milieu on laisse tomber, d'une hauteur de trois mètres soixante centimètres (3m,60), un mouton du poids de cinq cents kilogrammes (500 kil.), produisant à chaque chute un travail de choc de 1800 kilogrammètres.

Pour les essieux en fer de cent vingt millimètres au corps, les chutes du mouton sont répétées jusqu'à ce qu'on obtienne une flèche de vingt-cinq centimètres (0m,25), mesurée normalement à une corde initiale de un mètre cinquante centimètres (1m,50) déduction faite de la conicité de l'essieu.

Le nombre de coups de mouton sous lesquels se sera produite la flèche de vingt-cinq centimètres (0m,25) devra toujours être supérieur à trois.

L'essieu ainsi plié de vingt-cinq centimètres doit pouvoir se redresser complétement sans qu'il se manifeste ni crique ni fente longitudinale.

Lorsque les dimensions des essieux sont autres que celles indiquées ci-dessus, les conditions d'épreuve sont modifiées de telle sorte que l'allongement et le raccourcissement des fibres extrêmes restent les mêmes.

Dans le cas où l'essieu pris pour essai ne suffirait pas aux conditions ci-dessus, le lot entier de vingt-cinq, auquel il appartient, sera refusé.

Outre ces conditions de réception, la Compagnie pourra refuser tous les essieux présentant des défauts de fabrication, reconnus, soit à la livraison, soit au moment de la mise en œuvre, de même qu'elle refusera tous ceux qui ne seraient pas conformes aux plans remis.

Art. 7. — *Garantie.* Après la réception provisoire, le fournisseur reste encore garant et responsable de tous défauts de qualité et de fabrication qui se révéleraient pendant un parcours de quatre-vingt mille kilomètres, pour les essieux droits, et quarante mille kilomètres pour les essieux coudés, quelle que soit la date de livraison, sauf autre stipulation sur la commande. Il devra en conséquence remplacer à ses frais, et par simple échange, tous essieux qui seraient mis hors de service par suite de ces défauts pendant le délai de garantie.

CHEMIN DE FER DU NORD.

SPÉCIFICATION

POUR LA FOURNITURE DES CORPS DE ROUES DE VOITURES ET DE WAGONS

I. — EXPOSÉ.

Le corps de roue le plus généralement employé par la Compagnie se compose d'un moyeu en fonte, de sept secteurs formant rais, et d'un faux cercle.

La Compagnie accepte aussi des corps de roues, soit pleins, soit à rayons entièrement en fer forgé.

II. — CORPS DE ROUES A MOYEU EN FONTE.

ARTICLE PREMIER. — Les secteurs formant rais et le faux cercle, sont en fer laminé de première qualité.

Le travail de pliage des secteurs devra se faire sans déceler aucune crique, gerçure ou paille, et sans ouvrir le fer dans quelque point que ce soit.

Les rais doivent être parfaitement juxtaposés entre eux dans toute l'étendue du contact, tous leurs champs seront dans un même plan.

La partie des rais engagée dans le moyeu est coupée carrément, sans encoche ni trou. Les surfaces en frise devront être, au moment du coulage, aussi propres que possible, et exemptes de rouille.

ART. 2. — Les moyeux seront en fonte de deuxième fusion, grise, douce au burin et à la lime; leurs surfaces seront nettes et exemptes de bavures, soufflures ou piqûres. La face interne portera, en creux, sur la partie en doucine, le mot NORD, le millésime et le nom du constructeur, conformément aux instructions qui seront données.

La fonte fera, pour ainsi dire, corps avec les rais, et le constructeur devra s'attacher à en faire passer dans le moule la quantité convenable pour atteindre le plus sûrement ce résultat.

Les soufflures ou gouttes froides qui se déclareront au démoulage ou pen-

dant l'alésage et le tournage, pourront devenir des motifs de refus des corps de roues.

Art. 3. — Les faux cercles seront parfaitement soudés et posés sur les secteurs avec un serrage approximatif de 8 millimètres, mesuré à froid. La soudure devra toujours être placée entre deux rayons consécutifs.

L'exécution devra être assez parfaite pour que le faux cercle s'applique sur les secteurs par l'effet seul du refroidissement, sans qu'il soit nécessaire d'employer des coups de marteau, et surtout pour qu'après la mise au rond sur le tour, il conserve, autant que possible, l'épaisseur normale de 16 millimètres.

Toutefois, il est accordé une tolérance de 2 millimètres au plus et de 2 millimètres au moins sur cette épaisseur normale de 16 millimètres, c'est-à-dire qu'après la mise au diamètre de $0^m,825$ 1/2, l'épaisseur du faux cercle pourra être de 14 millimètres sur une paire, et de 18 millimètres sur une autre.

Art. 4. — Les rivets d'assemblage des rayons entre eux et des secteurs au faux cercle devront remplir exactement les trous. A cet effet, on devra refroidir un peu leur extrémité dans l'eau avant de les engager dans les trous.

III. — CORPS DE ROUES ENTIÈREMENT EN FER FORGÉ.

Les corps de roues pleins ou à rayons, mais entièrement en fer forgé, seront construits conformément aux clauses et conditions spéciales arrêtées contradictoirement entre le constructeur et l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie.

CHEMIN DE FER DU NORD.

—

SPÉCIFICATION GÉNÉRALE

POUR LA FOURNITURE DES ACIERS A RESSORTS

ARTICLE PREMIER. — *But de la spécification.* La présente spécification a pour objet de compléter les clauses particulières des traités

Elle est obligatoire comme les traités eux-mêmes.

ART. 2. — *Dimensions.* Les dimensions et le poids des aciers, par mètre courant, seront en tous points conformes aux indications de la commande.

ART. 3. — *Provenance des matières Mode de fabrication* La provenance et la qualité des matières premières, ainsi que le mode de fabrication, devront toujours être agréées par l'ingénieur en chef du matériel, avant qu'il puisse être donné suite aux commandes.

ART. 4. — *Surveillance de la fabrication.* Pendant l'exécution des commandes, la Compagnie pourra faire procéder à toutes les épreuves qui lui paraîtront nécessaires, pour s'assurer de la qualité des produits; ces épreuves seront à la charge du fournisseur

ART. 5. — *Marque de fabrique* La marque de fabrique du fournisseur sera visiblement poinçonnée à chaud, à l'une des extrémités de chaque barre.

ART. 6. — *Épreuve de réception.* A la livraison dans ses magasins et avant la réception des fournitures, la Compagnie pourra faire, par livraison de *cent* barres au plus, et sur les trois barres du plus vilain aspect, une série de trois essais *à la flexion*, et une de neuf *au choc.*

Les morceaux d'essai, à prendre dans chacune des trois barres, devront toujours être découpés à la suite les uns des autres, afin de permettre de mieux apprécier comment la résistance au choc se concilie avec la résistance à la flexion et avec l'élasticité.

1° *Épreuve à la flexion.* Chaque morceau d'essai, coupé à la longueur de 1ᵐ,00, cintré de 0ᵐ,100, trempé et recuit suivant les meilleures conditions

déterminées et acceptées par le fournisseur, sera soumis à un effort de flexion correspondant à une tension de 100 kilogrammes par millimètre carré sur la fibre extrême.

Dans cette première flexion, la feuille ne doit ni rompre, ni prendre une flèche permanente *trop considérable*. Chargée de nouveau de la même quantité et déchargée ensuite, la feuille ne doit plus subir de nouvelle perte de flèche.

Les efforts de flexion seront ensuite augmentés progressivement jusqu'à la rupture de chaque feuille Cette rupture ne doit avoir lieu que sous un effort au moins double de la charge d'épreuve correspondant à une tension de 200 kilogrammes par millimètre carré sur la fibre extrême, en supposant qu'on applique jusqu'à rupture les formules de résistance des matériaux

Le coefficient, dit d'*élasticité*, déterminé d'après les indications du Barème spécial, doit être de 20,000,000,000 au plus, ce qui revient à dire que l'allongement sous une tension de 100 kilogrammes par millimètre carré de la fibre extrême, sera de 0,005 au moins.

2° *Épreuve au choc.* Sur les trois morceaux coupés dans chaque barre à la longueur d'environ 0^m,20, deux seront trempés et recuits de la manière ci-dessus indiquée, pour la feuille destinée à l'essai de flexion; chacun de ces trois morceaux, posé sur deux appuis distants de 0^m,100, sera soumis au choc d'un mouton tombant d'une hauteur de 1^m,500, et présentant un poids de 1 kilogramme par chaque 30 millimètres carrés de section de la feuille.

Le nombre de coups supportés sans rompre et sans présenter aucune crique ou indice de rupture, sera d'au moins *trois* pour chacun des morceaux trempés, et *aussi constant que possible* pour les morceaux non trempés provenant d'une même livraison.

Dans le cas où les feuilles essayées ne rempliraient pas les conditions spécifiées ci-dessus, le lot d'acier pourra être refusé.

Les frais des essais de réception seront toujours réglés par le marché.

Art. 7 et dernier. — Malgré la réception faite en suite des essais ci-dessus, la Compagnie conserve le droit de refuser toutes les barres qui présenteraient des défauts de fabrication reconnus au moment de la mise en œuvre.

CHEMIN DE FER DU NORD

ANNEXE

À LA SPÉCIFICATION POUR LA FOURNITURE DES ACIERS À RESSORTS

BARÈME SERVANT À CALCULER L'ÉLASTICITÉ DES ACIERS À RESSORTS ET LEUR RÉSISTANCE TANT AU CHOC QU'À LA FLEXION.

I. — ESSAI À LA FLEXION.

Détermination expérimentale de l'élasticité.

1re *Manière.* Pour obtenir le coefficient, dit *d'élasticité*, on prendra la moyenne des flèches par 100 kilogrammes, mesurées depuis 50, 100 ou 200 kilogrammes, selon les dimensions des feuilles, jusqu'à la charge d'épreuve, et l'on pourra lire dans le Barème, aux colonnes *flèches par* 100 *kilogrammes*, une valeur suffisamment exacte du coefficient dit d'élasticité E.

Exemple. Une barre de 75/10 a pris une flèche totale de 60 millimètres, depuis 100 jusqu'à 500 ; la moyenne des flèches par 100 kilogrammes est alors $\frac{60}{4} = 15$. En suivant la ligne horizontale relative aux barres de 75/10, on voit que le nombre 15 est plus petit que 16,66, col. 6, correspondant à $E = 20$, et très-peu différent de 14,80, col. 7, correspondant à $E = 22,5$; d'où l'on voit immédiatement que $E = 22$ forts.

Exactement l'on a : $$\frac{22,5 - x}{x - 20} = \frac{15 - 14,80}{16,66 - 15}$$

d'où $$x = 21,9.$$

2e *Manière.* On mesure encore l'élasticité par l'allongement α pour une tension de 100 kilogrammes par millimètre carré de la fibre extrême ; α se déduit du coefficient E par la formule $\alpha = \frac{100,000,000}{E}$

Ainsi dans l'exemple précédent on aurait :

$$x^1 = \frac{100,000,000}{21,900,000,000} = 0,00456.$$

Détermination expérimentale de la tension de la fibre extrême au moment de la rupture.

Cette tension est égale à la charge de la feuille, à cet instant, divisée par la centième partie de la charge d'épreuve donnée pour chaque dimension de feuille par le Barême (Formules sur la résistance des matériaux [1]).

Exemple. Une barre de 75/12 a cassé sous une charge de 1,400 kilogr., la charge d'épreuve étant pour cette dimension de 720, la tension de la fibre extrême au moment de la rupture est de

$$\frac{1,400}{7,20} = 194^{k},4.$$

II. — ESSAI AU CHOC.

La colonne 9 donne les poids variables du mouton d'essai convenant à chaque dimension de feuille, lorsque la hauteur de chute est invariablement de 1^{m},500.

[1] Il n'est sans doute pas nécessaire de dire que les formules de *la résistance des matériaux* ne s'appliquant qu'à des déformations assez faibles, *la tension des fibres extrêmes, à l'instant de la rupture*, calculée suivant ces formules, est une quantité fictive, il est vrai, mais utile et suffisante en pratique comme élément de comparaison

C'est le lieu d'ajouter que les valeurs fournies par le Barême, qui n'a été construit que par des formules approchées, ne sont aussi que des éléments de comparaison.

BARÈME.

DIMENSIONS.		ESSAI A LA FLEXION						ESSAI AU CHOC.
LARGEUR en millimètres	ÉPAISSEUR en millimètres	CHARGE D'ÉPREUVE en kil. — Cette charge produit sur la fibre extrême une tension de 100 kil. par millimètre	FLÈCHES PAR 100 KILOGR. CORRESPONDANTES AUX VALEURS DE 15, 17.5, 20, 22.5, 25 DU COEFFICIENT D'ÉLASTICITÉ. E = 15	E = 17.5	E = 20	E = 22.5	E = 25	POIDS EN KILOGR. du mouton d'essai tombant d'une hauteur de 1m,50.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6 1/2	211	80,95	60,57	60,70	53,96	48,56	16 1/2
	7	245	64,78	55,54	48,59	43,20	38,87	17 1/2
	7 1/2	281	52 67	45,14	39 50	35,11	31,60	18 1/2
	8	320	43,40	37,20	32,55	28,93	26,04	20
	8 1/2	361	36 20	31,03	27,15	24,13	21,72	21
	9	405	30 47	26,11	22,86	20,31	18,29	22 1/2
	9 1/2	451	25 91	22,21	19,44	17,28	15,55	23 1/2
	10	500	22 22	19,05	16,66	14,80	13,33	25
	10 1/2	551	19,20	16,46	14 40	12,80	11,53	26
75	11	605	16.66	14,29	12,52	11,11	10,01	27 1/2
	11 1/2	661	14.60	12,51	10,45	9,73	8,76	28 1/2
	12	720	12 87	10,91	9,64	8,58	7,72	30
	12 1/2	781	11.40	9,77	8,50	7,60	6,84	31
	13	845	10.13	8,69	7,60	6,76	6,07	32 1/2
	13 1/2	911	9,07	7,77	6,80	6,04	5,44	33 1/2
	14	980	8,15	6,97	6,07	5,42	4,86	35
	14 1/2	1,051	7.27	6 23	5,45	4,84	4,36	36
	15	1,125	6,59	5,65	4,94	4,39	3,95	37 1/2
	15 1/2	1,201	5,97	5,11	4,48	3,98	3,58	39
	9 1/2	541	21,60	18,51	16 20	14,44	12,96	28 1/2
	10	600	18.47	15,83	13,88	12.31	11,11	30
	10 1/2	661	16,00	13 75	12,00	10,66	9,60	31 1/2
	11	726	13,93	11,94	10,45	9,27	8,35	33
	11 1/2	793	12,20	10,46	9,15	8,13	7,31	34 1/2
	12	864	10,75	9,20	8,05	7,16	6,43	36
90	12 1/2	937	9,47	8,11	7,10	6,31	5.68	37 1/2
	13	1,014	8,47	7,23	6,33	5,64	5,06	39
	13 1/2	1,093	7,53	6,46	5,65	5,02	4,52	40 1/2
	14	1,176	6,73	5,77	5,06	4,49	4,05	42
	14 1/2	1,261	6,08	5,22	4,57	4,06	3,65	43 1/2
	15	1,350	5,49	4,70	4,11	3,66	3,29	45
	15 1/2	1,441	4,98	4,27	3,79	3,32	2,98	46 1/2

CHEMIN DE FER

DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

LIGNE DU BOURBONNAIS

SPÉCIFICATION

POUR LA FOURNITURE DES RESSORTS

ARTICLE PREMIER. — *Formes et dimensions.* Les ressorts seront en acier fondu de première qualité; sans criques, pailles, brûlures, mauvaise trempe ou autres défauts.

Ils devront avoir exactement la flèche et la courbure de fabrication indiquées aux dessins Toutes les feuilles d'un même ressort seront cintrées sur le même rayon de courbure.

Les broches et les boulons d'assemblage seront en acier fondu.

Les chapes simples, en fer plat recourbé, auront leur soudure au milieu du côté sur lequel doit s'appliquer la petite feuille du ressort.

Les chapes à douille seront d'un seul morceau; le corps sera étiré mi-partie à droite, mi-partie a gauche de la douille, et la soudure sera faite sur le côté opposé à celle-ci.

La douille sera terminée à l'extérieur et alésée à l'intérieur.

Son axe devra être parfaitement perpendiculaire au côté de la chape dont elle est solidaire. Les trous des clavettes seront mortaisés.

Les côtés des chapes seront bien parallèles deux à deux.

Le corps des deux espèces de chapes sera brut de forge, mais bien paré. Elles ne devront présenter aucune doublure, paille, crique ou autre défaut; leurs soudures devront être parfaites.

ART. 2. — *Qualité des matières.* L'acier fondu et le fer devront être conformes, pour la qualité, aux échantillons déposés par le constructeur dans les bureaux de la Compagnie et approuvés par l'ingénieur en chef.

ART 3. — *Épreuves, motifs de refus.* Tous les ressorts seront essayés de deux manières :

1° Sous une charge moitié de la charge limite avec balancement.

2° Sous la charge limite sans balancement.

Chaque essai sera répété deux fois.

Les charges limites seront indiquées, pour chaque ressort, sur les feuilles autographiées (détails n°s 7 et 8), et correspondant à la limite généralement admise pour l'élasticité de l'acier fondu.

Au premier essai, il sera toléré une perte de flèche de deux millimètres et demi ($2^{mm},5$) pour les ressorts de traction, trois millimètres (3^{mm}) pour les ressorts de suspension des wagons à marchandises;

Quatre millimètres (4^{mm}) pour les ressorts de suspension des wagons à bagages;

Quatre millimètres et demi ($4^{mm},5$) pour les ressorts de suspension des voitures;

Cinq millimètres (5^{mm}) pour les ressorts de choc et de choc et traction.

Aucune perte de flèche ne sera tolérée au second essai.

Tous les ressorts qui ne satisferont pas à l'une de ces épreuves seront rebutés.

Seront rebutés également tous les ressorts dans lesquels la qualité de l'acier ou la trempe serait mauvaise, ou dont les feuilles ne seraient pas parfaitement jointives.

Sur chaque lot de cent ressorts, il en sera pris, au hasard, deux, dont les feuilles et chapes seront brisées en tout point que les agents jugeront convenables, afin de s'assurer de leur bonne exécution et de la conformité des matières aux échantillons remis par le constructeur à la Compagnie.

Le lot total pourra être rejeté si le fer et l'acier ne sont pas de bonne qualité.

Pourront être également rejetées toutes les chapes dans lesquelles les angles seraient criqués, les douilles mal percées ou le logement du ressort non conforme aux dessins.

CHEMIN DE FER DU NORD

NOTE

SUR DES ESSAIS COMPARATIFS DE DIVERS GENRES DE RESSORTS A LAMES, EN SPIRALES ET EN CAOUTCHOUC

I. — AVANT-PROPOS.

Les tampons Brown et Myers ont été éprouvés à la flexion et au choc.

En général, l'épreuve d'un ressort quelconque par pression graduée (exercée à l'aide de la machine spéciale) suffit à faire connaître la *puissance* de ce ressort, c'est-à-dire le *travail* nécessaire pour l'amener à fond de course. Mais il est fort utile de compléter l'épreuve de flexion par une épreuve au choc, parce que la résistance d'un ressort ne varie pas seulement avec le travail qu'il absorbe, mais aussi avec la vitesse du corps qui vient le choquer.

C'est le lieu de rappeler que M. Nozo, lors de son voyage en Angleterre, signalait dans son rapport l'utilité qu'il y aurait d'installer dans les ateliers un appareil d'essai des ressorts par choc.

Un tampon doit être essayé sous un choc tel qu'il doit en supporter habituellement dans les manœuvres des gares de marchandises et que nous allons tâcher d'estimer.

Considérons deux wagons pesant chacun 14,200 kilogrammes et se rencontrant avec une vitesse relative de trois mètres par seconde. A la fin de la première phase du choc, c'est-à-dire à l'instant où les deux wagons auront une égale vitesse, la puissance vive absorbée sera (en désignant par g l'accélération due à la pesanteur).

$$\frac{14,200}{g} \ \frac{3^2}{2} = 650 \text{ k}^m$$

Le travail T, que doit absorber chacun des quatre ressorts en contact, sera donc :

$$T = \frac{650 \text{ k}^m}{4} = 163 \text{ k}^m$$

Et si la vitesse de rencontre des deux wagons était de quatre mètres par seconde[1], on aurait :

$$T = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \cdot 163 \text{ k}^m = 390 \text{ k}^m.$$

[1] Nota. 4 mètres par 1" correspondent à 14 kilomètres à l'heure, c'est la vitesse d'une voiture passablement attelée, et qu'un homme suit aisément à la course (au moins pendant quelques

Si, au lieu de deux wagons, ce sont deux portions de train qui viennent se rencontrer, le nombre des ressorts augmente, il est vrai, en proportion, mais il est clair que les wagons de queue ne se comprimeront généralement pas avec la même énergie que ceux du centre, et qu'ainsi la puissance vive sera très-inégalement répartie entre les tampons, dont plusieurs devront absorber un nombre de kilogrammètres bien supérieur à ceux que nous avons obtenu.

Il paraîtra donc modéré de soumettre les tampons à un choc de 700 kilogrammètres produit par un pilon de 1,000 kilogrammes tombant d'une hauteur de 0m,70, et par suite avec une vitesse de 3m,80.

Mais, comme le ressort n'est pas la seule partie du tampon qui serve à supporter les chocs, et que le boisseau, le plongeur, la semelle de bois située derrière le ressort, et en même temps la traverse du wagon, peuvent absorber un assez grand travail, par frottement ou par déformations, tant élastiques que permanentes, l'épreuve au choc doit s'effectuer sur le tampon monté et reposant sur une semelle de bois d'environ 0m,60 d'épaisseur.

L'épreuve de flexion doit s'effectuer au contraire sur le *ressort isolé*.

II. — ESSAI DES TAMPONS BROWN.

L'essai a porté sur sept ressorts pour wagons, à savoir :

Quatre désignés par les numéros 1, 2, 3, 4, et envoyés par M. Wissocq ;

Deux désignés par les numéros 5 et 6, pris sur la livraison de quatre cents faite le 11 septembre 1861 par M. Cammel, de Scheffield, en satisfaction de la commande numéro 7,572 du 18 juillet 1861, et un pris sur la livraison de quatre (d'un plus grand type) faite à titre d'essai par M. Rouet.

Pour les ressorts numéros 3, 4, 5, 6, 7, l'essai au choc a suivi l'essai de pression ; pour les numéros 1 et 2, au contraire, l'essai au choc a précédé l'essai de pression, afin de permettre d'apprécier plus directement les efforts du choc.

Essai à la pression. — Les ressorts ont été soumis à la charge d'épreuve (3,500 kilogrammes pour les six premiers et 4,500 kilogr. pour le septième), puis essayés à l'aide de la machine spéciale, et les résultats de l'expérience sont consignés ci-après dans le tableau numéro 1.

instants), et, comme il est fréquent que des wagons à marchandises soient lancés à une vitesse tout justement assez faible pour qu'un homme puisse les suivre à la course afin de manœuvrer les freins, le chiffre de 4 mètres n'a rien d'exagéré.

CHARGES en KILOG.	RESSORTS ENVOYÉS PAR M. WISSOCQ — ESSAIS DE FLEXION effectués après essai au choc — RESSORT N° 1 — FLEXION en millim. — TOTALE	RESSORT N° 1 — PAR 100 KIL.	RESSORT N° 1 — PERTE DE FLÈCHE en millim.	RESSORT N° 2 — FLEXION en millim. — TOTALE	RESSORT N° 2 — PAR 100 KIL.	RESSORT N° 2 — PERTE DE FLÈCHE en millim.	ESSAIS DE FLEXION EFFECTUÉS AVANT ESSAI AU CHOC — RESSORT N° 3 — FLEXION en millim. — TOTALE	RESSORT N° 3 — PAR 100 KIL.	RESSORT N° 3 — PERTE DE FLÈCHE en millim.	RESSORT N° 4 — FLEXION en millim. — TOTALE	RESSORT N° 4 — PAR 100 KIL.	RESSORT N° 4 — PERTE DE FLÈCHE en millim.	RESSORTS PRIS SUR UNE LIVRAISON DE 400 — RESSORT N° 5 — FLEXION en millim. — TOTALE	RESSORT N° 5 — PAR 100 KIL.	RESSORT N° 5 — PERTE DE FLÈCHE en millim.	RESSORT N° 6 — FLEXION en millim. — TOTALE	RESSORT N° 6 — PAR 100 KIL.	RESSORT N° 6 — PERTE DE FLÈCHE en millim.
CHARGE D'ÉPREUVE DES RESSORTS N°s 1, 2, 3, 4, 5, 6. — 3,500 KIL.																		
0	0		»	0		»	0		»	0		»	0		»	0		»
100	5	5	»	5	5	»	5	5	»	5	5	»	5	5	»	5	5	»
500	22	4 1/4	»	21	4 1/2	»	22	4 1/2	»	25	4 1/2	»	19	4	»	19	4	»
100	6	»	1	5	»	0	5	»	0	5	»	0	5	»	0	5	»	0
1,000	30	3 1/2	»	38	3	»	40	3 1/2	»	32	3	»	32	2 1/2	»	32	3	»
100	6	»	1	7	»	2	5	»	0	5	»	0	5	»	0	5	»	0
1,500	35	3 1/2	»	54	5	»	57	3 1/4	»	63	2 1/2	»	41	2 1/2	»	45	2 1/2	»
100	6	»	1	7	»	2	5	»	0	5	»	0	5	»	0	5	»	0
2,000	75	3 1/2	»	65	2	»	71	3	»	68	2	»	51	2	»	56	2	»
100	6	»	1	8	»	3	5 1/2	»	1/2	5 1/2	»	0	5 1/2	»	1/2	5 1/2	»	1/2
2,500	70	1	»	70	1 1/2	»	84	2 1/2	»	74	1	»	60	1 1/4	»	65	1 1/4	»
100	8	»	3	9	»	4	6	»	1	5 1/2	»	1/2	5	»	0	7	»	2
3,000	82	1/2	»	70	»	»	85	»	»	74	1 1/4	»	64	1	»	60	1	»
100	8 1/2	»	3 1/2	0	»	4	7	»	2	5 1/2	»	1/2	5	»	0	8	»	3
3,500	84	»	»				85	»	»	78	1	»	65	»	»	71	»	»
100	8 1/2	»	3 1/2				8	»	3	6	»	1	6	»	1	8	»	3

RESSORT D'UN AUTRE TYPE également destiné aux essieux de wagons — RESSORT N° 7 — CHARGES en KILOG.	FLEXION en millim. — TOTALE	PAR 100 KIL.	PERTE DE FLÈCHE en millim.
0	0		»
100	6	6	»
500	28	5	»
100	6	»	0
1,000	55	5	»
100	6	»	0
1,500	75	4 1/2	»
100	6	»	0
2,000	90	4	»
100	6	»	0
2,500	111 1/2	3	»
100	6	»	0
3,000	122 1/2	2	»
100	6	»	0
3,500	129 1/2	1 1/2	»
100	6	»	0
4,000	152 1/2	1/2	»
100	6 1/2	»	1/2
4,500	155	»	»
100	7	»	1

NOTA. — On donne ici, par analogie, le nom de *flèche* à la quantité dont le ressort se comprime.

Si à l'aide du tableau n° 1 on évalue le *travail* nécessaire pour amener chaque ressort à fond de course, et que l'on rapporte ce *travail* au poids du ressort, on obtient les résultats consignés dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION.	RESSORT N° 1.	RESSORT N° 2.	RESSORT N° 3.	RESSORT N° 4.	RESSORT N° 5.	RESSORT N° 6.	MOYENNE DES PREMIERS RESSORTS.	RESSORT N° 7.
Travail absorbé par chaque ressort. .	93km	70km	97km	95km	75km	90km	87km ½	200km
Poids de chaque ressort.	5k,2	5k,40	5k,2	5k,10	4k,88	4k,89	5k,06	7k,80
Travail absorbé par l'unité de poids .	19km	16km	18km ½	19km	15km ½	18km ½	17km,15	25km,6

Essai au choc (au pilon). — Rappel des conditions de l'essai.

Poids du pilon, 1,000 kilogrammes;

Hauteur de chute, $0^m,700$;

Vitesse de chute $\sqrt{2g.\,0^m,70} = 3^m,80$.

Les sept ressorts montés dans des tampons et reposant sur une semelle de bois d'environ $0^m,60$ d'épaisseur, ont été successivement éprouvés sous une hauteur de chute croissant progressivement de $0^m,10$ à $0^m,70$. Ils ont subi cette épreuve sans se déformer ni s'altérer notablement.

RÉSUMÉ

Dans l'essai au choc les sept ressorts se sont bien comportés.

A l'essai de flexion, les pertes de flèches des numéros 1 et 2 doivent être en partie attribuées à la fatigue déjà causée par l'essai au choc, et quant aux autres ressorts, les pertes de flèches, étant très-diverses, ne peuvent provenir que d'un manque d'élasticité de l'acier; mais ce défaut, du reste peu prononcé, s'efface devant les résultats remarquables inscrits au tableau numéro 2, à savoir : que les spirales Brown peuvent absorber un travail de 15, 20 et 25 kilogrammètres par kilogramme d'acier, c'est-à-dire (comme on peut le voir au chapitre IV de ce rapport) trois ou quatre fois plus que les ressorts à feuilles généralement en usage.

III. — ESSAI DES TAMPONS MYERS.

Ces tampons renferment trois ressorts hélicoïdaux disposés concentriquement.

Deux de ces tampons ont été l'objet d'un essai relaté dans le procès-verbal numéro 82, du 17 juin 1856, et à la suite duquel on posa quelques-uns de ces tampons sur des machines ou tenders.

Les résultats obtenus ne furent pas tout à fait satisfaisants, peut-être à cause de la faiblesse de ces tampons dont plusieurs furent bientôt cassés et rendus au constructeur, mais dont les autres ont fait un bon service.

D'un autre côté, cinquante wagons à pierres munis de tampons Myers (soit 200 tampons) furent mis en service du 1er au 22 octobre 1860. — Les tampons furent visités pendant le mois de juin 1861, c'est-à-dire après un parcours moyen de 6,000 kilomètres; ils furent généralement reconnus en bon état, et l'on ne trouva que 32 ressorts cassés, à savoir : 15 spirales intérieures *i*, 14 spirales intermédiaires *m*, et 3 spirales extérieures *e*.

De l'essai de flexion on peut déduire que le travail absorbé par le ressort depuis sa tension de montage jusqu'à la limite de course est de 130 kilogrammètres, mais dans l'essai au choc (effectué avec un pilon de 1,000 kilogrammes tombant de hauteurs croissantes de 0m,20 à 0m,70) on a fait absorber au tampon un travail de 700 kilogrammètres, qui n'a produit qu'une perte de flèche de 2 millimètres.

En résumé, ces résultats sont assez satisfaisants, ils paraissent toutefois indiquer que l'on ne saurait attendre la même solidité de trois petits ressorts, qui, ne travaillant pas d'une manière égale (ainsi que l'indique le tableau n° 5), casseront l'un après l'autre, que de l'unique ressort Brown qui travaillera et résistera à peu près également en tous ses points.

La *forme* des deux ressorts 1 et 2 détermine leur flexibilité (qui est constante sous toutes les charges); leur volume V détermine leur puissance T, et l'on a :

Pour le ressort par traction[1] $T = \frac{EV\alpha^2}{2}$

Pour le ressort par flexion $T = \frac{EV\alpha^2}{2}$ (*a*).

[1] *Détail du calcul.* — La résistance *f* qu'oppose à un allongement *a* un prisme de longueur *l* et de section *s*, a pour valeur $f = \frac{Esa}{l}$, E étant le coefficient dit d'élasticité; donc le travail T nécessaire pour allonger le prisme d'une quantité A a pour expression :

$$T = \int_0^A f da = \frac{Es}{l} \int_0^A a da = \frac{EsA^2}{2l}.$$

Or si l'on désigne par α l'allongement par unité de longueur, $\frac{A}{L}$, et par V le volume du prisme, on aura

$$T = \frac{EV\alpha^2}{2}.$$

Quant à la formule $T_2 = \frac{EV\alpha^2}{6}$, elle ne peut s'établir que par un calcul un peu plus compliqué, elle est du reste démontrée par M. Philipps dans son *Mémoire sur les ressorts d'acier*, pages 27 à 75.

Un ressort à feuilles n'a donc, à volume égal, que le tiers de la puissance d'un ressort qui travaillerait par traction, encore n'est-ce là qu'un maximum théorique qu'on est souvent bien loin d'atteindre dans la pratique, comme le montrent les chiffres ci-joints.

Les chiffres de la troisième espèce de ressorts démontrent que les ressorts de, 1° type Myers, étaient mal étudiés, et expliquent pourquoi les spirales intérieures ont cassé plus fréquemment que les spirales intermédiaires, et surtout que les spirales extérieures.

La comparaison des ressorts *Brown* et *Myers* avec les ressorts assemblés ne peut être tout à fait satisfaisante, parce que l'acier travaille dans les spirales par *torsion*, et que l'on ignore quelle est dans ces conditions la limite d'élasticité.

Les résultats fournis par la quatrième espèce de ressorts sont ceux donnés par un bon ressort en bon état, et ils sont hors de comparaison avec ceux qu'on peut attendre d'un ressort de mauvais caoutchouc ou de caoutchouc de qualité inférieure.

Les chiffres de la colonne sept exprimant la puissance par décimètre cube, varient suivant la densité du caoutchouc, laquelle est comprise entre 0,9 et 1,2

Il résulte du dernier tableau :

1° Qu'en principe les ressorts en spirales d'acier et ceux en caoutchouc sont à poids ou à volume égal, *bien plus* puissant que les ressorts ordinaires en feuilles d'acier ;

2° Qu'à volume égal les spirales Myers et Brown offrent autant et plus de puissance qu'un ressort de bon caoutchouc, et on sait que les ressorts de caoutchouc s'avarient très-promptement ;

3° Qu'à en juger par les résultats des trois modèles de la troisième espèce de ressorts dont les essais sont relatés dans ce procès-verbal, le ressort Brown paraît supérieur au ressort Myers, et quant à la solidité, et quant à la puissance, ce qui tient sans doute à ce que les trois spirales du ressort Myers travaillent d'une manière très-inégale ;

4° Qu'en résumé le ressort Brown paraît être à tous égards supérieur à tous les autres employés jusqu'ici.

IV. — COMPARAISON DES DIVERS SYSTÈMES DE RESSORTS GÉNÉRALEMENT USITÉS SOUS LE RAPPORT DE LA PUISSANCE PAR UNITÉS DE POIDS ET DE VOLUME.

DÉSIGNATION DES RESSORTS.			COURSE mesurée depuis la tension de montage jusqu'à la tension limite.	CHARGE LIMITE.	PUISSANCE mesurée depuis la tension de montage jusqu'à la tension limite.	POIDS de la matière élastique.	PUISSANCE rapportée à 1 kil de la matière élastique.	PUISSANCE rapportée à 1 kil de la matière élastique.
			millim.	kil.	kilgt.	kil.	kilgt	kilgt
1. Ressort travaillant par traction	Ressort fictif, dont toute la masse travaillerait par traction à un allongement α de $\frac{1}{1000}$, le coefficient E dit d'élasticité étant de 20,000,000,000, et la tension de montage étant supposée nulle. . . .		»	»	»	»	32	250
2. Ressorts travaillant par flexion (ressorts à feuilles).	1° Ressort fictif, dont toute la masse travaillerait par flexion à un allongement α de la fibre extrême, égal à $\frac{1}{1000}$, E étant encore de 20,000,000 000 . . .		»	»	»	»	10 1/2	85
	2° Ressort Bournique		65	4,000	138	17,25	8	62 1/2
	3° Type ordinaire pour traction et choc des voitures à voyageurs		217 1/2	4,610	544	93,50	5,8	45,3
3. Ressorts à spirales	1° Type Myers, à trois spirales cylindriques concentriques (type pour wagon). . . .	Spirale extérieure.	»	»	46	3,85	12	93
		Spirale intermédiaire . . .	»	»	44	3	15	114
		Spirale intérieure	»	»	40	1,85	21 1/2	168
		Ensemble des trois spirales.	65	4,050	130	8,70	15	116
	2° Types Brown, à une seule spirale conique (types pour wagon)	Type 1. — Ressorts nos 1, 2, 3, 4, 5, 6, ci-dessus désignés	65	3,500	87 1/2	5	17 3/4	130
		Type 2 — Ressort n° 7, ci-dessus désignés.	135	4,500	200	7,8	25 1/2	195
4. Ressort en caoutchouc à quatre rondelles (type des wagons à houille) .			»	»	160	1,52	105	94 à 126

CHEMIN DE FER DU NORD

PRIX DE REVIENT

DES ROUES MONTÉES DE VOITURES ET WAGONS

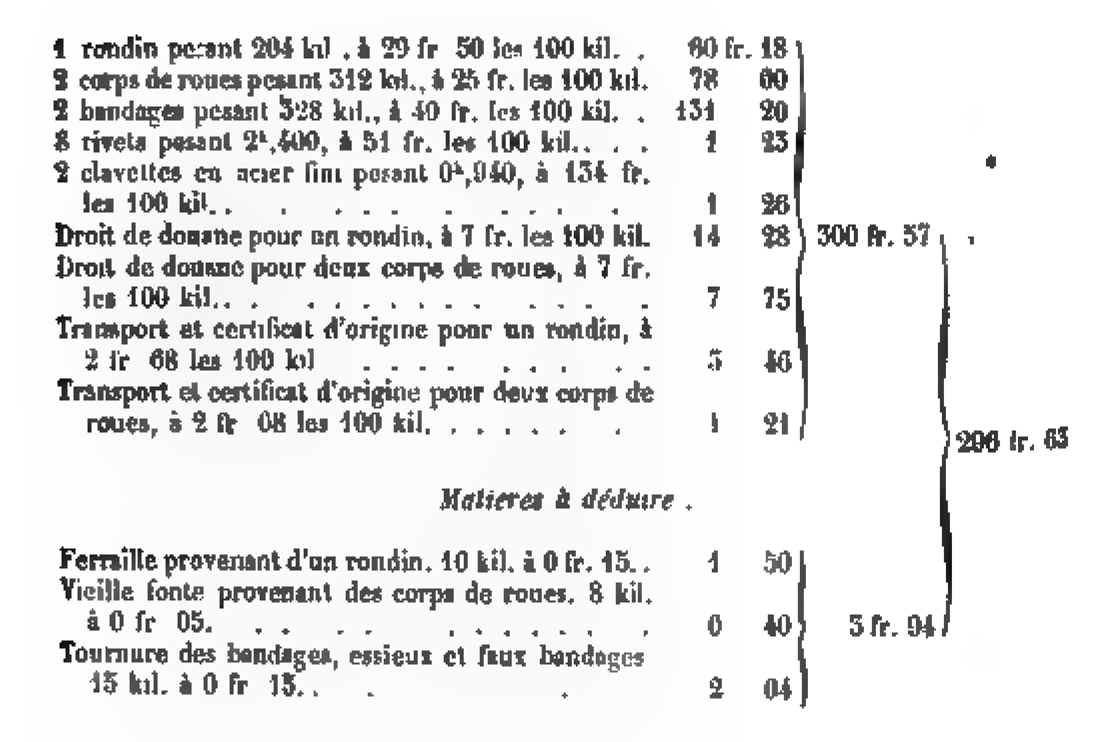
Nous reproduisons ci-dessous le prix de revient des roues montées *polygonales* récemment construites dans les ateliers du chemin de fer du Nord.

L'exécution a eu lieu dans les conditions suivantes :

Les rondins pour essieux ont été tirés de l'usine de L'Heure à Zone (Belgique), les corps de roues proviennent des ateliers de la Compagnie à Saint-Martin (Belgique), les bandages ont été livrés par MM. Petin et Gaudet, de Rive-de-Gier.

Les ateliers de La Chapelle ont fourni toute la main-d'œuvre de forge, d'ajustage et de montage.

Prix de revient d'une paire de roues montées.



1° Matières.

1 rondin pesant 204 kil., à 29 fr. 50 les 100 kil.	60 fr.	18	300 fr. 57	296 fr. 63
2 corps de roues pesant 312 kil., à 25 fr. les 100 kil.	78	00		
2 bandages pesant 328 kil., à 40 fr. les 100 kil.	131	20		
8 rivets pesant 2^k,400, à 51 fr. les 100 kil.	1	23		
2 clavettes en acier fin pesant 0^k,940, à 134 fr. les 100 kil.	1	26		
Droit de douane pour un rondin, à 7 fr. les 100 kil.	14	28		
Droit de douane pour deux corps de roues, à 7 fr. les 100 kil.	7	75		
Transport et certificat d'origine pour un rondin, à 2 fr. 68 les 100 kil.	5	46		
Transport et certificat d'origine pour deux corps de roues, à 2 fr. 08 les 100 kil.	1	21		

Matières à déduire.

Ferraille provenant d'un rondin, 10 kil. à 0 fr. 15.	1	50	3 fr. 94
Vieille fonte provenant des corps de roues, 8 kil. à 0 fr. 05.	0	40	
Tournure des bandages, essieux et faux bandages 15 kil. à 0 fr. 15.	2	04	

2° Main-d'œuvre

Essieu. . .	Étampage de l'essieu	5 fr. 50	
	Tournage	3 00	
	Amorçage pour le rainage	0 20	
	Rainage	0 25	
	Calage	0 50	
	Coupage des clés	0 10	
	Centrage des fusées	0 31	
Corps de roues.	Alésage de deux moyeux	1 00	16 fr. 55
	Mortaisage des rainures de clavetage	0 40	
Roue montée.	Tournage des deux bandages	0 65	
	Embattage des bandages	1 40	
	Tournage des bandages	0 60	
	Perçage des trous dans les bandages	0 64	
	Pose des rivets de bandage	0 56	
	Coupage au tour des moyeux à épaisseur	0 44	
3° Frais généraux			9 93
4° Combustible			4 05
	Total		327 fr. 16

Le poids d'une paire de roues montées étant en moyenne . . . . . . 808 kil. 60
Le prix de revient aux 100 kilogr. devient $\frac{327,16}{808}$ . . . . 40 fr. 07

CHEMIN DE FER DE L'EST

CAHIER DES CHARGES

POUR LES LOCOMOTIVES MIXTES

ARTICLE PREMIER. — Les machines locomotives mixtes seront à quatre roues accouplées, et elles seront faites conformément aux plans et dimensions qui auront été approuvés par la compagnie des chemins de fer de l'Est.

Les cylindres seront placés intérieurement au châssis.

Les dimensions principales seront comme suit :

Diamètre intérieur des cylindres, 420 millimètres.

Course des pistons, 560 millimètres.

Diamètre des roues accouplées, 1m690 millimètres.

Les roues entièrement en fer forgé seront munies de contre-poids établis de manière à faire équilibre aux manivelles et bielles.

Toutes les roues seront extérieures au châssis.

L'épaisseur des tôles composant la partie cylindrique de la chaudière sera de 12 millimètres au moins.

Celle de l'enveloppe de la boîte à feu sera de 13 millimètres au moins.

La boîte à feu sera en cuivre rouge de première qualité dit corocoro, d'une épaisseur de 12 millimètres pour toutes les parties, à l'exception de la plaque porte-tubes qui aura 25 millimètres d'épaisseur à l'endroit des tubes.

L'écartement des entretoises sera de 100 millimètres d'axe en axe ; leur diamètre sera de 23 millimètres et de 25 millimètres dessous les longerons ; elles seront en cuivre rouge dit corocoro.

Le foyer sera construit d'après le système fumivore Tembrinck, suivant les plans annexés au présent cahier des charges ; il contiendra un bouilleur en cuivre rouge de 12 millimètres d'épaisseur, relié aux plaques latérales par quatre tubulures en cuivre rouge. La machine sera, en outre, munie d'un souffleur composé d'un robinet, d'un tube en cuivre rouge et d'une tringle à la portée du mécanicien.

La chaudière contiendra 145 tubes en laiton de première qualité, et dont la composition devra être dans les proportions suivantes :

Cuivre.	68.
Zinc.	32.

Le constructeur devra, à chaque livraison qui lui sera faite par son fournisseur de tubes, envoyer à l'ingénieur en chef du matériel plusieurs bouts

de tubes pour en faire l'analyse; les tubes ne devront être employés qu'après un avis de l'ingénieur en chef du matériel approuvant les résultats de l'analyse.

Leur diamètre extérieur sera de 49 millimètres, leur épaisseur de 2 millimètres un quart au moins, et leur longueur de 4m97 millimètres.

La machine sera munie de ses tuyaux à rotules en caoutchouc pour l'alimentation, de deux robinets et tuyaux réchauffeurs, d'une barre d'attelage, d'un conduit, d'après la dernière ordonnance ministérielle, et de tous les appareils de sûreté prescrits par la police.

La chaudière et les cylindres devront être timbrés à 8 atmosphères.

Le foyer sera garni d'une double enveloppe en tôle, le corps cylindrique et la boîte à fumée auront une enveloppe en tôle qui sera fermée hermétiquement, laissant entre cette enveloppe et la partie cylindrique de la chaudière un espace de 28 millimètres. Cette tôle sera posée sur des cercles en fer fixés à vis sur la chaudière.

Les machines auront une grille dans la boîte à fumée, conformément à la dernière ordonnance ministérielle, un couvercle à la cheminée, un tuyau d'échappement variable, et elles seront livrées complètes avec tous leurs accessoires, y compris un assortiment de clefs en fer trempé, pour tourner les écroux et les vis de la machine, les tablettes portant le nom de la machine et celles portant le numéro d'ordre.

Les ressorts de suspension seront en acier fondu; ils proviendront d'une usine agréée par la Compagnie.

Art. 2. — Les essieux seront en fer au bois, corroyés et garnis de frettes en fer soudé, rapportées sur les manivelles suivant dessin; les bandages seront en acier puddlé.

Toutes les roues accouplées devront avoir rigoureusement le même diamètre de 1m580 à l'intérieur du bandage ou à l'extérieur de la jante, et les petites roues 1m100, de manière que tous les bandages puissent s'appliquer indistinctement à toutes les roues. A cet effet, le constructeur se servira de gabarits qui seront faits très-exactement sur les dessins de la Compagnie.

Les bandages tournés devront avoir au moins 55 millimètres d'épaisseur au milieu; ils seront alésés à l'intérieur.

Les quatre roues accouplées de la machine devront avoir le même diamètre à l'extérieur des bandages et au contact du rail.

Les boîtes à graisse seront en fer forgé, trempé, et les coussinets en bronze composé d'un alliage de 82 parties de cuivre rouge neuf de Russie, et de 18 parties d'étain pur banca.

Les colliers d'excentriques et les coussinets des grosses têtes de bielles sont en fer forgé, doublés de métal blanc, sur les dessins et d'après la composition qui seront remis par la Compagnie.

Les pistons devront être exécutés suivant les dessins qui seront remis par l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie.

Les machines seront munies d'une sablière, conformément au dessin qui sera remis au constructeur.

Art. 3. — Les machines seront pourvues, au lieu de pompes alimentaires, de deux appareils Giffard, qui seront fournis au constructeur par la Compagnie de l'Est, sur prix de revient.

L'installation de ces appareils sera conforme aux dessins de la Compagnie.

Art. 4. — Tous les matériaux employés à la construction des machines seront de la meilleure qualité et de premier choix

Les cylindres seront en fonte raide à grain fin et serré; chaque cylindre sera examiné et reçu provisoirement au moment de l'alesage.

Les tôles formant l'enveloppe de la boîte à feu seront en fer au bois, provenant de fontes affinées au charbon de bois. Les tôles formant le corps cylindrique de la chaudière pourront provenir de fontes au bois puddlées.

L'emploi des tôles provenant de fontes au coke est interdit.

Art. 5. — Toutes les parties des machines à exécuter seront faites exactement sur le même modèle et sur les mêmes dimensions. En conséquence, le constructeur se conformera rigoureusement aux plans et aux calibres approuvés par la Compagnie.

Aucun changement ni modification ne pourront être apportés sans l'autorisation écrite de M. l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, et la remise d'un plan indiquant le changement ou la modification.

Tous les pas de vis seront pris dans la série dont les types seront remis par la Compagnie et dont les étalons seront acquis chez le constructeur qu'elle désignera.

Art. 6. — La Compagnie pourra, pour s'assurer de la qualité des matériaux et de la bonne exécution des machines, procéder à toutes les épreuves qui paraîtraient nécessaires, et les frais auxquels ces essais donneront lieu dans les ateliers seront à la charge de la Compagnie.

L'entrée des ateliers de construction sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication et la construction desdites machines.

Art. 7. — Si, pendant le cours de ces constructions, il se présentait des modifications avantageuses constatées par l'application sur des chemins en cours d'exploitation, la Compagnie aurait droit de les adopter pour les machines non livrées.

Si les changements indiqués, en cours d'exécution, étaient de nature à modifier les prix ou entraînaient le sacrifice de quelques pièces déjà confectionnées, l'administration de la Compagnie devrait en être prévenue, et le constructeur ne pourrait mettre ces changements à exécution qu'après avoir reçu le consentement écrit du comité de direction.

Art. 8. — La livraison des machines aura lieu aux frais du fournisseur, Strasbourg, à la gare du chemin de fer, aux époques stipulées dans le traité

Les époques de livraisons sont de rigueur. Tout délai qui aura porté préjudice à la Compagnie, donnera lieu aux dommages-intérêts fixés audit traité

Art. 9. — Les machines seront livrées montées, complétement terminées et marchant bien. Tous les frais de transport, montage, etc., seront à la charge des constructeurs.

Art. 10 — Pour la réception des machines, la Compagnie aura le droit de faire autant d'essais qu'il sera necessaire. Ces essais devront avoir lieu immédiatement apres l'achèvement du montage sur la ligne.

Ils seront faits aux frais de la Compagnie, en présence du constructeur ou de ses agents, avec des employés agréés par lui.

Les machines devront fonctionner avec facilité, et donner d'aussi bons résultats que les meilleures des dernières machines fournies par les meilleurs constructeurs. Si ces résultats n'étaient pas obtenus, toutes les modifications, réparations et changements qui seraient reconnus nécessaires, seraient à la charge du constructeur

La reception définitive ne sera faite qu'après un parcours effectif de 18000 kilomètres au moins, en service ordinaire.

Toutes pièces venant à casser ou à être avariées, ou présentant des défauts pendant ce délai de garantie, seront remplacées par le constructeur, à ses frais.

Il prendra à sa charge les réparations dues à des défauts de construction ou à la mauvaise qualité des matières, mais il n'aura pas à supporter les frais ordinaires d'entretien qui seront à la charge de la Compagnie.

Fait double, pour être annexé au traité fait entre les parties soussignées, à la date de. . . . .

CHEMIN DE FER DE L'EST

CAHIER DES CHARGES

POUR LES LOCOMOTIVES A MARCHANDISES

ARTICLE PREMIER. — Les machines locomotives à marchandises seront à six roues, accouplées, conformément au type de la machine à marchandises des Ardennes construite par le Creuzot, sauf les modifications de détail qui pourraient être ordonnées.

Les cylindres seront placés extérieurement au châssis

Les dimensions principales seront comme suit

Diamètre intérieur des cylindres, quatre cent quarante millimètres ($0^m,440$);

Courses des pistons, six cent soixante millimètres ($0^m,660$);

Diamètre des roues accouplées, un mètre quatre cents millimètres ($1^m,400$).

Les roues, entièrement en fer forgé, seront munies de contre-poids établis de manière à faire équilibre aux manivelles et bielles.

Toutes les roues seront extérieures aux châssis.

L'épaisseur des tôles de la chaudière sera de treize millimètres ($0^m,013$).

La boite à feu sera en cuivre rouge de première qualité, d'une épaisseur variant de treize à dix-huit millimètres ($0^m,013$ à $0^m,018$), selon ce qui a été prescrit dans les machines des Ardennes, pour toutes les parties du foyer, à l'exception de la plaque porte-tubes qui aura vingt-cinq millimètres (0^m025) d'épaisseur.

L'écartement des entre-toises sera de cent millimètres ($0^m,100$) d'axe en axe; leur diamètre sera de vingt millimètres ($0^m,020$). Elles seront en cuivre rouge de première qualité. La chaudière contiendra cent quatre-vingt-dix-sept tubes en laiton de première qualité, et dont la composition devra être dans les proportions suivantes :

Cuivre	68
Zinc.	32

Leur diamètre extérieur sera de quarante-neuf millimètres ($0^m,049$), et leur épaisseur de deux millimètres un quart au moins.

La machine sera munie de ses tuyaux à rotules, en caoutchouc, pour l'alimentation des deux robinets et tuyaux réchauffeurs, d'une barre d'attelage, d'un cendrier, d'après la dernière ordonnance ministérielle, avec porte mobile placée à l'avant, et de tous les appareils de sûreté prescrits par la police.

La chaudière et les cylindres devront être timbrés à huit atmosphères.

L'ensemble de la chaudière sera recouvert de feuilles de tôle de deux millimètres (0m,002) d'épaisseur, supportées par des cornières de trente-cinq millimètres (0m,035), et retenues par des cercles en feuillard.

Les machines auront une grille dans la boîte à fumée, conformément à la dernière ordonnance ministérielle, un couvercle à la cheminée, un tuyau d'échappement variable, et elles seront livrées complètes avec tous leurs accessoires, y compris un assortiment de clefs en fer pour tourner les écrous et les vis de la machine, les tablettes portant le nom de la machine et celles portant son numéro d'ordre. Les ressorts de suspension seront en acier fondu ; ils proviendront d'une usine agréée par la Compagnie.

Art. 2. — Les essieux seront en fer au bois et corroyés, et les bandages en fer de première qualité, de la fabrication de MM. Petin et Gaudet.

Les bandages tournés devront avoir soixante millimètres (0m,060) d'épaisseur au milieu.

Les six roues de la machine devront avoir rigoureusement le même diamètre à l'extérieur des bandages et au contact du rail.

Les boîtes à graisse seront en fer forgé, trempé, et les coussinets en bronze composé d'un alliage de quatre-vingt-deux parties de cuivre rouge neuf de Russie, et de dix-huit parties d'étain pur anglais.

Art. 3. — Toutes les parties des machines à exécuter seront faites exactement sur le même modèle et sur les mêmes dimensions. En conséquence, le constructeur se conformera rigoureusement aux plans et aux calibres approuvés par la Compagnie.

Aucun changement ni modification ne pourront être apportés sans l'autorisation écrite de M. l'ingénieur en chef du matériel de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, et la remise d'un plan indiquant le changement ou la modification.

Tous les pas de vis seront pris dans la série dont les plans seront remis par la Compagnie, et dont les étalons seront acquis chez le constructeur qu'elle désignera.

Une collection complète des dessins d'exécution sera remise gratuitement à la Compagnie par les constructeurs.

Art. 4. — Tous les matériaux employés à la construction des machines seront de la meilleure qualité et de premier choix.

Les tôles formant l'enveloppe de la boîte à feu seront en fer au bois provenant de fontes affinées au charbon de bois.

Les tôles formant le corps cylindrique de la chaudière pourront provenir de fontes au bois puddlées.

L'emploi des tôles provenant de fontes au coke est interdit.

L'exécution devra être égale sous tous les rapports à celle des meilleures machines provenant des ateliers les mieux organisés.

La Compagnie pourra, pour s'assurer de la qualité des matériaux et de la

bonne exécution des machines, procéder à toutes les épreuves qui paraîtront nécessaires, et les frais auxquels ces essais donneront lieu dans les ateliers seront à la charge des fournisseurs.

L'entrée des ateliers de construction sera toujours accordée aux agents de la Compagnie chargés de surveiller la fabrication et la construction desdites machines.

Art. 5. — Si, pendant le cours de ces constructions, il se présentait des modifications avantageuses constatées par l'application sur des chemins en cours d'exploitation, la Compagnie aurait droit de les adopter pour les machines non livrées.

Si les changements indiqués par M. l'ingénieur en chef du matériel étaient de nature à modifier le prix, ou entraînaient le sacrifice de quelques pièces déjà confectionnées, la Compagnie devrait en être prévenue, et le constructeur ne pourrait mettre ces changements à exécution qu'après avoir reçu le consentement écrit du comité de direction

Art. 6 — Les machines seront livrées montées, complètement terminées et marchant bien. Tous les frais de transport, montage, etc., seront à la charge du constructeur.

Art. 7. — Pour la réception des machines, la Compagnie aura le droit de faire autant d'essais qu'il sera nécessaire. Ces essais devront avoir lieu immédiatement après l'achèvement du montage sur la ligne.

Ils seront faits aux frais de la Compagnie, en présence du constructeur ou de ses agents, avec des employés agréés par lui.

La réception définitive ne sera faite qu'après un parcours effectif de six mille kilomètres au moins en service ordinaire.

Toutes pièces venant à casser ou à être avariées ou présentant des défauts pendant ce délai de garantie, seront remplacées par le constructeur à ses frais

Il prendra à sa charge les réparations dues à des défauts de construction ou à la mauvaise qualité des matières; mais il n'aura pas à supporter les frais ordinaires d'entretien, qui seront à la charge de la Compagnie.

Accepté pour être annexé en double expédition à notre traité, en date du trois février mil huit cent cinquante-neuf.

PRIX DIVERS DE MATÉRIEL

Prix d'une locomotive à voyageurs Stephenson. . . . . . 42,000 fr

— — à 4 roues couplées. 45,000

— — à marchandises (poids 24 t. 48,000

— — Crampton 55,000

— — à marchandises (très-puissante, avec tender, modèle Sommering) 95,000

— — tender pour service de gares. 35,000

Prix d'un tender de machine Stephenson contenant 5^{m3} d'eau, pesant 8,500 kilog 9,150

— — — Crampton cont. 6^{m3} d'eau, pesant 10 ton. 11,000

Prix d'une voiture de 1re classe (modèle Strasbourg, roues et ressorts compris). 10,000

— — à coupé (modèle Strasbourg). 11,000

— — de 2e classe (— sans guérite) 5,300

— — — (— avec guérite et freins) . 6,100

— à impériale du chemin de Vincennes 7,100

— — mixte (—) 7,500

— — de 3e classe (— sans guérite) . . . 5,000

Prix d'une voiture de 3e classe (avec guérite et freins . . . . 6,125 fr

Longueur de caisse de 1re — . . . . $5^m,50$

— — de 2e — . . . . $5^m,00$

— — de 3e — . . . . $5^m,75$

Prix d'un wagon à bagages.. . . . . 5,000 fr.

— — à bestiaux. 3,500

— — à houille (pouvant porter 10 tonnes). 3,400

— — plat à marchandises. 3,000

Prix d'un truck à chaise de poste. 3,000

Prix d'un wagon mixte du Midi en bois de *teack*. Longueur de la caisse 7 mètres, sans roues, ressorts, boîtes à graisse et plaques de garde. 11,000

Prix d'une voiture de 1re classe d'Orléans en *teack*. Longueur 6 mètres, sans roues, ressorts, boîtes à graisse. 12,000

Prix d'une machine à marchandises Engerth 107,000

— paire de roues montée (Strasbourg), pesant 750 kilog. . . . 547,50

— boîte à graisse ancien modèle. 18

— — nouveau modèle. 27

Prix des ressorts acier fondu (actuellement), le kilogramme . 0,95

Poids d'un ressort de suspension pour wagon de 10 tonnes. . 35 k

— — traction — — — . 60

— — suspension de voiture à voyageurs 45

— — traction — — 70

PRIX DE REVIENT DES CAISSES A CHARBON DE BOIS

Détail approximatif du prix de revient d'une banne

Ferrements	50 fr.
Bois pour la carcasse	15
Façon charronnage[1]	12
Rhabillage en fascines	7
Montage	6
Frais généraux	10
TOTAL	100 fr.

. . .

PRIX DE REVIENT DES CAISSES A COKE DE M. DE WENDEL.

La barre de fer qui traverse en haut la largeur de la caisse est destinée à maintenir l'écartement des côtés

Détail du prix de revient

Bois de chêne		12f,55
Bois de sapin		17 05
Fers des cornières		43 10
Ferrements divers		117 46
Houille pour forge		1 02
Peinture		16 »
Main-d'œuvre	Forge et ajustage	21 »
	Menuiserie	12 »
Frais généraux		60 27
TOTAL		301f,35

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE QUATRIÈME VOLUME

CHAPITRE XIX. — ENQUÊTE SUR L'EXPLOITATION ET LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER (1863).

APPENDICE.

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION

HISTORIQUE

TRACÉ.

FRAIS DE CONSTRUCTION

TERRASSEMENTS ET TRAVAUX D'ART

VOIE

ACCESSOIRES DE LA VOIE.

DE LA DISPOSITION DES GARES.

MACHINES LOCOMOTIVES

DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES A VAINCRE SUR LES CHEMINS DE FER.

THÉORIE DE LA PUISSANCE ET DE LA RÉSISTANCE DES LOCOMOTIVES

RÉSUMÉ DU TRAITÉ

ET PRINCIPES QUI DOIVENT PRÉSIDER A LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER.

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION

NOTIONS GÉNÉRALES

TRACÉ DES CHEMINS DE FER

DISPOSITION DES GARES.

WAGONS

NOUVEAUX SYSTÈMES

DOCUMENTS.

FIN DE LA TABLE DU QUATRIÈME VOLUME

TABLE ALPHABETIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CET OUVRAGE

A

B

C

D

E

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

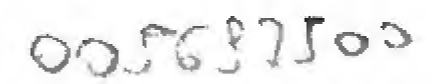
T

U

V

W

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE.



PARIS. — IMPRIMERIE SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH 1.





